



Les facteurs prédictifs de douleur rachidienne commune chez les enfants et les adolescents

Arnaud Lardon

► To cite this version:

Arnaud Lardon. Les facteurs prédictifs de douleur rachidienne commune chez les enfants et les adolescents. Médecine humaine et pathologie. Université Paris Sud - Paris XI, 2015. Français. NNT : 2015PA113007 . tel-01343884

HAL Id: tel-01343884

<https://theses.hal.science/tel-01343884>

Submitted on 11 Jul 2016

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Comprendre le monde,
construire l'avenir®

UNIVERSITÉ PARIS-SUD

ÉCOLE DOCTORALE 456 :
SCIENCES DU SPORT, DE LA MOTRICITÉ ET DU MOUVEMENT HUMAIN

Laboratoire : UR CIAMS (Complexité, Innovation et Activités Motrices et Sportives)

THÈSE DE DOCTORAT SUR TRAVAUX

SCIENCES DU SPORT ET DU MOUVEMENT HUMAIN
par

Arnaud Lardon

**Les facteurs prédictifs de douleur rachidienne commune chez
les enfants et les adolescents**

Date de soutenance : 10/07/2015

Composition du jury :

Directrice	Charlotte Leboeuf-Yde	Professeur University of Southern Denmark
Directrice	Christine Le Scanff	Professeur Université Paris-sud
Rapporteur	Claude Dugas	Professeur Université du Québec à Trois-Rivières
Rapporteur	Alain Hamaoui	Maître de conférences (HDR) Université JF Champollion
Examineur	Olivier Gagey	Professeur Université Paris-Sud

Remerciements

Je tiens à remercier toutes les personnes qui m'ont apporté leur soutien dans la réalisation de ce travail, et plus particulièrement :

Charlotte Leboeuf-Yde, ma directrice, sans qui je ne me serais jamais lancé dans une carrière de recherche et dans cette formation. Ces trois années m'ont permis de changer beaucoup de choses, mes méthodes d'enseignements, ma façon de prendre du recul sur des questions importantes...

Christine Le Scanff, ma co-directrice, qui a toujours été de bons conseils et qui a rendu par son expérience plus facile la rédaction de cette thèse.

Les membres de la direction de l'IFEC, Messieurs Charles Martin, Mario Millan, Thierry Kuster et Olivier Lanlo qui m'ont permis de suivre cette formation doctorale par leurs soutiens humain et financier.

Niels Wedderkopp, le responsable du projet Svendborg, qui m'a permis d'avoir accès aux données du projet Svendborg ainsi que pour son aide en statistique ; ainsi que Claudia Franz et les autres collaborateurs du projet Svendborg.

Faroudy Boufassa pour sa disponibilité et la simplicité avec laquelle il explique les statistiques en épidémiologie et rend accessible le logiciel de statistique Stata®.

Pierre Black, qui m'a montré comment réaliser des schémas en utilisant le logiciel Poser 8.

Martin Descarreaux, pour sa disponibilité et ses conseils concernant les parties sur la force et l'endurance musculaire.

Michel Debarle pour les nombreuses lectures qu'il a pu faire de ce texte.

Olivier Guenoun qui lui aussi a lu de nombreuses fois ce manuscrit.

Enfin je tiens à remercier ma famille. Mes parents tout d'abord qui m'ont permis de suivre des études supérieures et d'avoir accès à cette formation doctorale. Mon épouse qui a montré de belles qualités de patience tout au long de ces trois années de formation. Nos enfants, Céleste et Briac, qui même s'ils n'en ont pas conscience ont été d'un soutien important par leur joie de vivre tout au long de ces trois années.

Table des matières

AVANT PROPOS	5
CADRE THEORIQUE	7
Partie 1. Les douleurs rachidiennes	8
1. Epidémiologie	8
2. Les causes des douleurs rachidiennes	11
Partie 2. La période pubertaire et ses changements	14
1. Description générale de la puberté	14
2. Les changements durant la période pubertaire : prédictors potentiels	15
Partie 3. Les autres prédictors potentiels de douleurs rachidiennes	17
1. La condition physique	17
2. Force, endurance musculaire et capacités aérobies	19
PROBLEMATIQUE GENERALE	23
CONTRIBUTION DE RECHERCHE	26
Revue de littérature 1. Is puberty a risk factor for back pain in the young? A systematic critical literature review. (<i>La puberté est-elle un facteur de risque de douleur rachidienne chez les jeunes : une revue systématique et critique de la littérature</i>)	27
1. Introduction	30
2. Méthodologie	32
3. Résultats	40
4. Discussion	47
Revue de littérature 2. Is back pain during childhood or adolescence associated with muscle strength, muscle endurance or aerobic capacity: Three systematic literature reviews with one meta-analysis. (<i>Les douleurs rachidiennes sont-elles associées avec la force musculaire, l'endurance musculaire et les capacités aérobies des enfants et des adolescents: trois revues de littérature avec une méta-analyses</i>)	53
1. Introduction	56
2. Méthodologie	58
3. Résultats	62
4. Discussion	74
Présentation du projet Svendborg, analyses secondaires des données	80
Rapport 3. Existe-t-il une association entre la composition corporelle, les capacités aérobies et les rachialgies?	81
1. Objectifs	84
2. Méthodologie	85
3. Résultats	87
4. Discussion	92

DISCUSSION GENERALE	95
1. Partie 1 : Réponses aux hypothèses	96
2. Partie 2 : Synthèse générale	102
3. Partie 3 : Limites et perspectives	104
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	108
RESUME	116
LISTE DES TABLEAUX	
• Tableau 1a. Stade de développement pubertaire (réalisé d'après la classification de Tanner)	14
• Tableau 2a. Description of four articles reporting on five studies on puberty and back pain	33
• Tableau 2b. Quality assessment of four articles reporting on five studies on puberty and back pain	36
• Tableau 2c. Summary of results from four articles reporting on five studies on puberty and back pain	51
• Tableau 3a. Methodological checklist objective 1	64
• Tableau 3b. The association between back muscle strength in extension and back pain in people younger than 19 years as reported in four studies	65
• Tableau 3c. Methodological checklist objective 2	67
• Tableau 3d. The association between back muscle endurance in extension and back pain in people younger than 19 years as reported in four studies	69
• Tableau 3e. Methodological checklist objective 3	71
• Tableau 3f. The association between aerobic capacity and back pain in people younger than 19 years as reported in four studies	73
• Tableau 4a. Description des variables selon les âges	88
• Tableau 4b. Caractéristiques des participants durant la période de l'étude	89
• Tableau 4c. Résultats des régressions logistiques univariées concernant l'association entre la composition corporelle, les capacités aérobies et le mal de dos	91
LISTE DES FIGURES	
• Figure 1a. Illustrations de différents tests utilisés dans l'évaluation de la force et de l'endurance musculaire des érecteurs rachidiens	21
• Figure 2a. PRISMA 2009 flow diagram (Revue de littérature 1)	40
• Figure 3a. PRISMA 2009 flow diagram (Revue de littérature 2)	79
• Figure 3b. Is muscular endurance in trunk extension associated with BP? Meta-analyses	70
• Figure 4a. Nombre d'épisodes rapportés sur une période de 10 mois par des enfants de 9 à 13 ans	89

Avant propos

La douleur rachidienne est une condition très fréquente dans la population générale, qui, en plus de limiter les activités quotidiennes des personnes qui en souffrent, peut représenter un problème de santé important aux impacts socio-économique majeurs.

Les rachialgies sont définies, par le collège Français des Enseignants en Rhumatologie, comme des douleurs au niveau du rachis cervical, dorsal ou lombaire. Elles sont classées en deux catégories principales : les rachialgies symptomatiques (qui sont dues à une pathologie : infectieuse, inflammatoire, tumorale, neurologique, post-traumatique, ou encore organique) et les rachialgies dites communes (dues à une lésion du système musculosquelettique) [1]. Lorsque nous parlerons de rachialgies dans ce texte nous ne parlerons que de la deuxième catégorie, dite commune.

Le diagnostic de rachialgie commune est un diagnostic d'élimination que l'on retiendra après avoir écarté toutes les causes possibles de douleurs rachidiennes dites symptomatiques [1]. Cependant une fois classée en rachialgie commune, l'origine des douleurs reste difficile à déterminer du fait de la complexité de l'anatomie du rachis et des tissus mous environnants [2]. En effet, les structures pouvant être à l'origine de la douleur sont multiples : disques intervertébraux, facettes articulaires, capsules articulaires, ligaments [2]. Cependant la structure atteinte, est dans de nombreux cas très difficilement identifiable, c'est pour cette raison que le terme de rachialgie non spécifique est fréquemment utilisé lorsqu'aucune source de douleur ne peut être clairement identifiée par les examens cliniques ou para cliniques [3].

L'approche thérapeutique ou préventive est très difficile à mettre en place car la cause des douleurs n'est pas clairement identifiée. Les travaux présentés dans cette thèse visent donc à identifier des facteurs prédictifs de douleur rachidienne chez l'enfant et l'adolescent.

Afin de répondre au mieux à notre problématique, nous avons divisé cette thèse en trois parties principales. La première partie qui pose le cadre théorique explique les raisons pour lesquelles nous nous sommes focalisé sur une période particulière (l'enfance et l'adolescence) et certains facteurs (puberté, force musculaire, endurance musculaire, capacités aérobies et composition corporelle). Dans la deuxième partie de la thèse, nous présenterons les résultats de deux revues systématiques et critiques de la littérature, incluant une méta-analyse. Dans la troisième partie, nous présenterons une analyse de données issues d'une étude longitudinale au cours de laquelle environ 1200 enfants ont été suivis durant une année.

Nous terminerons ce travail par une discussion générale dans laquelle nous présenterons les résultats et l'apport scientifique de nos travaux, leurs points forts ainsi que leurs limites. Nous conclurons en discutant des perspectives possibles offertes par nos résultats.

Cadre théorique

Partie 1. Les douleurs rachidiennes

1. Epidémiologie

Rachialgie

Les douleurs rachidiennes sont très fréquentes [4]. Dans une étude transversale réalisée auprès d'environ 35000 personnes issues de la population générale danoise adulte, la prévalence annuelle du mal de dos rapportée par les participants est de 55% [5]. Selon cette même étude, la lombalgie est la plus fréquente avec une prévalence annuelle de 43% devant les cervicalgies (32%) et les douleurs dorsales (13%).

Depuis une vingtaine d'année, les rachialgies sont également considérées comme une condition commune chez les enfants et adolescents, alors que précédemment, cette condition était vue comme rare et potentiellement sérieuse [6]. Une étude prospective conduite durant deux ans et demi auprès d'environ 1200 enfants (7-14 ans) a permis d'établir que la prévalence de douleurs rachidiennes auto-rapportée pendant cette période est de 25 %, et que cette prévalence augmente avec l'âge [7]. Cependant, la grande majorité des enfants n'a connu qu'un épisode isolé [7].

Il est difficile d'obtenir de façon précise la prévalence du mal de dos. En effet, une revue systématique a montré que la prévalence à vie chez les adolescents se situait entre 5% et 74% pour les douleurs rachidiennes, et entre 7% à 72% pour les lombalgies [8]. Afin d'obtenir une meilleure homogénéité entre les études et donc obtenir des résultats comparables, les auteurs de cette revue recommandent de minimiser la période de rappel pour limiter les possibilités d'oubli (*memory decay* en anglais) et de standardiser la récolte des données.

Histoire naturelle du mal de dos

Les douleurs rachidiennes commencent tôt, durant l'enfance [8] et la prévalence augmente avec l'âge [7, 9] pour atteindre un niveau semblable à celui des adultes aux alentours de 20 ans [10]. Il a été montré que la prévalence des douleurs rachidiennes augmente durant l'adolescence[8], et que ces douleurs sont liées aux étapes pubertaires chez les jeunes filles [11].

Le pronostic d'évolution de la lombalgie est souvent considéré comme favorable, puisqu'environ 50% des épisodes semblent se résoudre dans la semaine et 85 % au cours des trois premiers mois [12]. Cependant, 73% des personnes qui consultent un professionnel de la santé pour une douleur lombaire ont déjà eu un épisode précédent [13]. Parmi ces patients, 35% avaient présenté des douleurs persistantes de plus de trois mois, ce qui est considéré comme une douleur chronique et 55% rapportaient plus de 10 épisodes durant leur vie [13]. Ces informations sont donc contradictoires avec une résolution rapide qui n'a pas été confirmée par la littérature [14]. Une revue systématique récemment publiée [15] a montré que le statut de douleur au début des études analysées était prédictif du statut en fin d'étude, particulièrement pour les personnes qui ne présentaient aucune douleur durant la période d'inclusion. De plus, nous savons qu'avoir mal au dos pendant l'enfance ou l'adolescence est un facteur prédictif de lombalgies à l'âge adulte [16].

Conséquences des rachialgies

Les conséquences des douleurs rachidiennes peuvent se situer à deux niveaux : sur la société en général de part son coût et au niveau individuel par les répercussions sur la vie quotidienne.

Les douleurs rachidiennes représentent l'une des causes principales d'incapacité, et sont responsables de coûts sociaux importants. Les douleurs du rachis lombaire constituent la deuxième cause d'incapacité chez les adultes aux Etats-Unis [17]. Le coût engendré par ces incapacités est très important et peut être divisé en deux catégories : les coûts directs qui représentent les sommes dépensées pour identifier la cause de la douleur et son traitement, et les coûts indirects qui sont dus aux arrêts de travail et à la perte de productivité. Ces coûts indirects représentent approximativement 75% des dépenses totales associées aux douleurs lombaires [18]. Dans une étude publiée en 1994, le coût estimé des lombalgies en France étaient de 1,2 milliards d'euros par an (valeur actualisée en euro), les lombalgies étant la raison de 7% des arrêts de travail [19].

Au plan individuel, les consultations chez un professionnel de la santé, la réduction des activités quotidiennes et les arrêts de travail constituent les trois principales conséquences des rachialgies d'après une étude transversale menée auprès de 35000 adultes danois issus de la population générale [20]. Cependant la majorité des personnes (63%) qui présente des douleurs rachidiennes ne rapporte aucune conséquence. On observe le même phénomène chez les jeunes. En effet, 38% des jeunes qui présentaient des douleurs rachidiennes devaient consulter ou réduire leur activité physique du fait de leurs douleurs [21]. Cependant, lorsque le rachis est la seule région douloureuse, les répercussions sur la qualité de vie des adolescents sont faibles [22].

2. Les causes des douleurs rachidiennes

Discussion sur la causalité (critères de Bradford-Hill)

En épidémiologie, l'identification d'un lien de causalité entre deux variables nécessite de répondre à certains critères. Bradford-Hill, en 1965, en a décrit neuf permettant de distinguer une association d'un lien de causalité [23].

Le premier d'entre eux est la force d'association qui est obtenue par le calcul de l'odds ratio (OR) ou du risque relatif (RR).

Le second est la stabilité de l'association ou la constance entre les études. Ce critère se confirme lorsque l'on obtient des résultats similaires entre des études faites par des auteurs différents auprès des populations différentes. Cette stabilité d'association sera considérée comme forte si plus de 75% des études rapportent des résultats similaires [24].

Le troisième critère décrit est celui de la spécificité, c'est-à-dire qu'une cause donne un effet spécifique. Ce critère est difficilement exploitable puisque les causes du mal de dos sont multifactorielles et les structures anatomiques potentiellement à l'origine des douleurs sont nombreuses.

Le quatrième critère, la temporalité est l'un des critères majeurs pour déterminer un lien de causalité. Il est en effet indispensable que le facteur de risque précède la survenue de la pathologie.

Le cinquième critère, la relation dose-effet, est lui aussi très important. En effet, si l'on augmente le niveau d'exposition d'une population à un facteur de risque, l'incidence de la pathologie engendrée devrait elle aussi augmenter.

Le sixième critère, la plausibilité biologique, définit la relation de causalité de façon théorique par les connaissances actuelles de la science.

Le septième critère, la preuve expérimentale consiste à pouvoir moduler la condition (diminution ou aggravation) en augmentant, en diminuant ou en supprimant l'élément supposé causal au cours d'une étude expérimentale.

Le huitième critère est la cohérence entre les résultats d'une étude et ce qui est déjà admis par le milieu scientifique.

Enfin le dernier critère, l'analogie est le fait de trouver une relation causale avec un facteur similaire sur une pathologie similaire.

Tous ces critères ne sont cependant pas applicables à toutes les conditions et servent plutôt de base de réflexion lorsque l'on cherche à déterminer un lien de causalité.

Les facteurs prédictifs de douleurs rachidiennes

Malgré la fréquence des rachialgies, nous disposons de peu d'informations dans la littérature concernant les facteurs qui causent le premier épisode douloureux. Les facteurs génétiques jouent un rôle très important dans le développement des douleurs du rachis. Il a été montré, dans une population d'environ 15000 jumeaux âgés de 20 à 71 ans, que 38% des douleurs lombaires, 32% des douleurs thoracique et 39% des douleurs du rachis cervical étaient expliquées par des facteurs génétiques [25]. Le second facteur de risque mis en évidence dans la littérature est l'âge. Comme nous l'avons vu précédemment, la prévalence des douleurs rachidiennes augmentent avec l'âge pendant l'enfance et l'adolescence[7, 9] pour se stabiliser vers l'âge de 20 ans [10]. Le sexe constitue le troisième facteur car les femmes rapportent plus de douleurs rachidiennes et leurs douleurs commencent environ une année plus tôt que chez les hommes [10].

Il existe d'autres hypothèses sur les facteurs prédictifs de l'apparition des douleurs rachidiennes et plus spécifiquement du premier épisode. Dans une revue de littérature concernant les facteurs prédictifs d'un premier épisode de lombalgie chez les adolescents, pas moins de 47 facteurs de risque potentiels étudiés dans cette population ont été relevés. Ces critères sont classés en six catégories principales, anthropométrie (indice de masse corporelle, taille, asymétrie du rachis, lordose, etc), croissance (changement de taille, augmentation de l'indice de masse corporelle, etc), mobilité et endurance du rachis lombaire (mobilité en flexion et extension, endurance en extension, etc), provocation de douleur à la palpation, activité (temps passé devant la télévision, le poids du sac d'école, les activités sportives, etc) et les autres (perception de santé, qualité de sommeil, difficultés psychosociales, etc) [26]. Seulement 13 de ces facteurs ont été évalués au moins deux fois et aucun n'a été identifié comme un prédicteur significatif de douleur lombaire.

Les facteurs psychosociaux, très régulièrement évoqués, jouent un rôle important dans le passage à la chronicité des douleurs rachidiennes plutôt que dans le développement du premier épisode douloureux [27-29].

Partie 2. La période pubertaire et ses changements

Description générale de la puberté

Définition et classification

La puberté est la période de transition entre l'enfance et l'âge adulte durant laquelle vont avoir lieu d'importants changements physiques et psychologiques [30]. Elle débute un peu plus tôt chez les jeunes filles (entre 8 et 13 ans) que chez les garçons (entre 9 et 14 ans)[31]. La classification de Tanner est la première à avoir été décrite en 1969 [32, 33], et est encore utilisée de nos jours [34]. Elle divise la puberté en cinq stades basés sur le développement des caractères sexuels secondaires (pilosité pubienne et développement mammaire chez les filles, pilosité pubienne et développement des organes génitaux externes chez les garçons), les détails concernant les différents stades sont présentés dans le tableau 1a.

Tableau 1a. Stade de développement pubertaire (réalisé d'après la classification de Tanner)

Stade de développement	Filles	
	Pilosité pubienne	Développement mammaire
1	Absence de pilosité pubienne	Absence de développement
2	Quelques poils parsemés sur le pubis	Stade de bourgeon et élargissement du diamètre de l'aréole
3	Pilosité qui s'étend au niveau de la symphyse pubienne	Elargissement du sein et de l'aréole
4	Pilosité similaire à l'adulte mais cependant surface moins large	Saillie de l'aréole par rapport au tissu mammaire
5	Pilosité adulte	Développement mammaire adulte
Stade de développement	Garçons	
	Pilosité pubienne	Développement des organes génitaux externes
1	Absence de pilosité pubienne	Absence de développement
2	Quelques poils parsemés apparaissent à la base du pénis	Elargissement du scrotum et du volume testiculaire
3	Pilosité qui s'étend au niveau de la symphyse pubienne	Croissance du pénis en longueur
4	Pilosité similaire à l'adulte mais cependant surface moins large	Elargissement du scrotum, du volume testiculaire et croissance du pénis en longueur et largeur
5	Pilosité adulte	Développement adulte

Modifications durant cette période

La puberté est une période importante durant laquelle la prévalence des douleurs rachidiennes augmente [9, 11, 35, 36]. Certaines des modifications ayant lieu durant cette période pourraient jouer un rôle dans le développement des rachialgies comme par exemples les variations hormonales, les changements corporels (composition corporelle et croissance), la sédentarité, l'activité physique, les activités sportives, la qualité du sommeil et les habitudes alimentaires.

Selon la littérature, les changements hormonaux pourraient intervenir dans ce développement. Par exemple, dans une étude expérimentale, la réponse nociceptive à l'injection de formaline chez le rats était différente selon le sexe, et disparaissait lorsque les auteurs ont ensuite comparé les réponses de mâles castrés avec celles de femelles ayant subi une ablation des ovaires [37]. Il semble donc possible que les hormones sexuelles jouent un rôle dans la perception de la douleur. Des différences de perception douloureuse ont aussi été mises en évidence entre les hommes et les femmes à l'âge adulte [38]. Cependant, ces différences sont négligeables durant l'enfance [39] et disparaissent chez les sujets âgés [40], ce qui laisse penser que les hormones sexuelles interviennent dans la perception de douleurs aussi chez les êtres humains. De plus, une méta-analyse a montré que la perception douloureuse varie selon les phases du cycle menstruel chez les femmes [41]. Ces données nous laissent supposer que les changements hormonaux durant la puberté pourraient jouer un rôle dans le développement des douleurs rachidiennes.

La période pubertaire va aussi entraîner des changements morphologiques (composition corporelle et taille). Les changements de composition corporelle débutent dès les premiers stades de développement pubertaire par une prise de masse maigre chez les deux sexes. Cependant, dans le dernier stade pubertaire, ces changements

diffèrent selon les sexes avec une prise de masse grasse chez les jeunes filles [42] alors que les jeunes hommes continuent d'accroître leur masse maigre [43]. Jusqu'à présent, l'association entre la composition corporelle et les douleurs rachidiennes a été étudiée principalement en utilisant l'indice de masse corporelle (IMC) pour quantifier la composition corporelle [44-46]. L'influence de la composition corporelle comme prédicteur de douleur chez les adolescents a été évaluée dans deux études, qui n'ont pas trouvé de résultats statistiquement significatifs [44, 45]. Cependant, l'IMC présente des limites importantes, puisque deux personnes avec un IMC identique peuvent avoir une composition corporelle très différente, l'une pouvant avoir une masse musculaire importante et la seconde, un surpoids dû à un excès de masse grasse [47]. Il existe d'autres moyens d'estimer la composition corporelle, comme l'absorptiométrie biphotonique (DEXA : *Dual energy X-ray absorptiometry*) qui est plus précise que l'IMC, et est considérée avec l'IRM et le scanner comme un « *gold standard* » pour l'analyse de la composition corporelle [48].

Partie 3. Les autres prédicteurs potentiels de douleurs rachidiennes

1. Activité physique

Généralités

L'activité physique est définie comme l'ensemble des mouvements corporels produits par la contraction des muscles squelettiques qui entraînent une augmentation de la dépense énergétique supérieure à la dépense énergétique au repos [47]. Depuis le début des années 2000, une stratégie particulière a été mise en place pour inciter les jeunes à « bouger plus ». Cette recommandation fait suite à une prise de conscience par la société moderne du manque d'activité physique de ses jeunes. En effet, une étude longitudinale montre que les activités physiques modérées à intenses diminuent durant l'adolescence tandis que le nombre d'heures d'utilisation des ordinateurs augmente [49]. Une revue de littérature a montré que les performances aérobies des enfants et adolescents ont diminuées dans plusieurs pays développés entre 1980 à 2000 [50]. Les auteurs de cette revue pensent que cette diminution peut être expliquée par deux facteurs : la diminution des capacités aérobies et la prise de masse grasse [50]. La prévalence du surpoids et de l'obésité chez les enfants et adolescents a augmenté en France à partir de 1960, pour se stabiliser depuis le début des années 2000 [51].

Le manque d'activité physique est donc devenu un problème majeur dans les pays développés. Il est facilité par des changements comportementaux importants ces dernières années : accès plus facile aux technologies [52], modification des moyens de transports [53, 54]. Cette diminution d'activité physique chez les jeunes a des répercussions sur leur santé en général (surpoids, syndrome métabolique, troubles cardio-vasculaires, insulino résistance) [55] et aussi sur les symptômes « fonctionnels » comme la douleur, les céphalées, les nausées et les douleurs d'estomac [56].

Dans le but d'inverser cette tendance, l'Organisation mondiale de la santé a émis des recommandations concernant l'activité physique [57] :

- les enfants et adolescents entre 5 et 17 ans devraient effectuer au minimum 60 minutes d'activité d'endurance d'intensité modérée à soutenue chaque jour.
- Des activités d'intensité soutenue devraient être réalisées au moins trois fois par semaine.

Effet de l'activité physique sur la santé

L'activité physique a des effets bénéfiques sur la santé [57-60]. Elle est recommandée pour prévenir le surpoids, l'obésité et de nombreuses maladies chroniques chez l'adulte [57]. Il est donc important d'être attentif au niveau d'activité physique durant l'adolescence car il a été montré que les jeunes de 9 à 18 ans qui présentent un niveau d'activité physique élevé, auront aussi une activité physique importante à l'âge adulte [61]. Des effets bénéfiques apparaissent aussi dès l'enfance [58-60]. L'activité physique va jouer un rôle important dans la prévention du surpoids et de l'obésité [62]. Une diminution du pourcentage de masse grasse, du surpoids et de l'obésité chez des enfants (8-14 ans) a été mise en évidence dans une étude prospective [63] suite à l'ajout de quatre sessions d'éducation physique par semaine

L'activité physique présente aussi des bénéfices au niveau cardio-vasculaire [64], sur la santé mentale [58, 59], sur la densité osseuse [58] et sur le niveau la douleur [65]. L'importance de l'activité physique est souvent mise en avant. Cependant il n'a pas été mis en évidence qu'elle était associée ni prédictive des lombalgies [66]. Pour évaluer cette relation il est nécessaire d'utiliser, dans des études propectives, des mesures d'activité physique validées ainsi qu'une définition rigoureuse des rachialgies.

2. Force, endurance musculaire et capacités aérobies

L'activité physique, pratiquée régulièrement, améliore la force musculaire, l'endurance musculaire et les capacités aérobies [59, 67]. Ces trois facteurs objectifs sont souvent mis en relation avec les douleurs rachidiennes comme possible prédicteurs [44, 46, 68-74].

Force musculaire

La force musculaire est définie comme la charge maximale développée par un muscle ou un groupe de muscle [75]. La contraction volontaire maximale peut-être évaluée en Newton (N) par plusieurs contractions musculaires maximales, après un échauffement musculaire [76]. Dans le cadre des douleurs rachidiennes, nous nous intéresserons particulièrement à la force des muscles en extension du tronc qui peut être mesurée par plusieurs instruments (dynamomètre manuel, jauge de force et dynamomètre informatisé) [77]. Avec le dynamomètre manuel, une contraction isométrique maximale en extension sera demandée au participant allongé sur le ventre, le buste dans le vide. L'évaluateur placera le dynamomètre entre les omoplates du participant (fig. 1a : illustration 1). Ce test est difficilement reproductible car l'évaluateur doit être très attentif à la position du dynamomètre qui doit être la même pour garder le bras de levier constant [78]. La jauge de force pourra être utilisée lors d'un test de traction. La position est similaire sauf qu'à la place de l'intervention de l'évaluateur, la jauge de force est fixée au sol et reliée au participant qui exercera alors une force de traction lors de la tâche d'extension du tronc (fig. 1a : illustration 2). La reproductibilité de ces mesures est modérée à bonne [77]. Les dynamomètres informatisés, qui servent à l'évaluation ainsi qu'à l'entraînement des muscles du tronc, peuvent aussi être utilisés (fig. 1a : illustration 3). Ces instruments peuvent mesurer la

contraction volontaire maximale isométrique en extension à des angles de flexion différents et ont montré une bonne reproductibilité [79].

La force musculaire du tronc est souvent évoquée comme un prédicteur possible du développement des douleurs rachidiennes et plus spécifiquement des lombalgies [74, 80]. Cependant les conclusions d'une revue de littérature explorant cette relation ne permettent pas de conclure sur cette hypothèse [74].

Endurance musculaire

L'endurance musculaire est définie comme l'aptitude des muscles à répéter des contractions ou à maintenir longtemps une contraction statique [75]. Elle est en lien avec la force musculaire [75] et peut être évaluée de façon statique ou dynamique. Les tests statiques consistent à mesurer le temps durant lequel un participant pourra maintenir une position à un certain pourcentage de la contraction volontaire maximale. Le test de Biering-Sorensen, qui consiste à maintenir une position horizontale du buste lorsque seulement la partie inférieure du corps (incluant le bord supérieur des crêtes iliaques) est soutenue (fig. 1a : illustration 4), est fréquemment utilisé. Ce test présente une bonne reproductibilité [81]. Il existe d'autres tests du même type, comme le test de Ito (fig. 1a : illustration 5), qui consiste à décoller le buste du sol aussi longtemps que possible. Ce test a aussi montré une bonne reproductibilité [82]. Les tests dynamiques, quant à eux, consistent à réaliser plusieurs répétitions d'un même mouvement. Par exemple, le test dynamique d'endurance en extension consiste à répéter des extensions du buste. Ces tests ont eux aussi montré une bonne reproductibilité [78].

L'hypothèse, selon laquelle une faible endurance musculaire des muscles du tronc qui participent à la stabilisation du rachis seraient une cause du mal de dos, est régulièrement avancée [74, 83]. Cependant aucune revue de littérature ne s'est pour l'instant attardée sur cette association durant l'enfance et l'adolescence



Illustration 1. Jauge de force manuelle

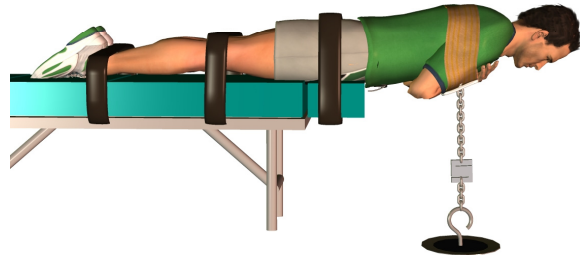


Illustration 2. Jauge de force en traction

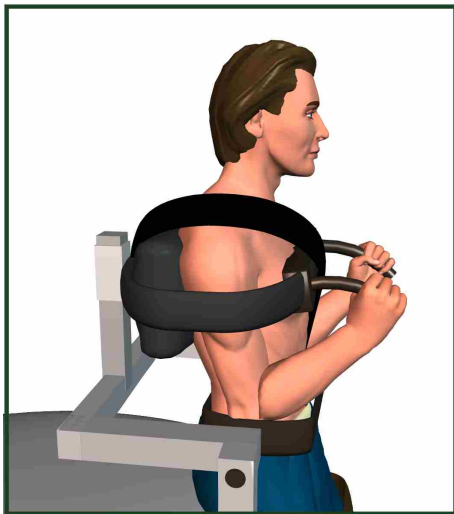


Illustration 3. Dynamomètre informatisé

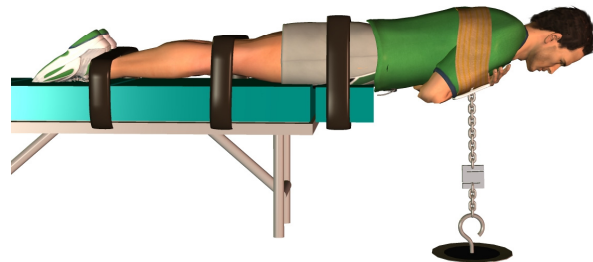


Illustration 4. Test de Biering-Sorensen

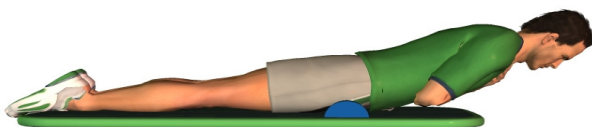


Illustration 5. Test de Ito

Figure 1a: Illustrations de différents tests utilisés dans l'évaluation de la force et de l'endurance musculaire des érecteurs rachidiens

Ces illustrations ont été réalisées spécialement pour cette thèse par Pierre Black (MSc professionnel) de l'université du Québec à Trois-Rivières (UQTR) avec le logiciel Poser 8.

Capacité aérobie

La capacité aérobie est définie comme l'aptitude à maintenir de façon prolongée un exercice qui implique une masse musculaire importante [75]. Elle intervient dans la capacité à poursuivre des exercices continus ou intermittents [75]. La capacité aérobie peut être obtenue en laboratoire en estimant la VO_{2max} , qui est le volume maximal d'oxygène consommé en une minute lors d'un effort maximal. Il est aussi possible de la calculer à partir de tests qui mesurent la performance [75]. La VO_{2max} est mesurée en laboratoire, lorsque les participants effectuent un effort d'endurance qui augmente graduellement sur tapis de course ou ergomètre [84]. D'autres tests permettent de mesurer la capacité aérobie comme le test de Leger-Boucher ou « test navette de 20 mètres » durant lequel les participants effectuent des allers-retours entre deux lignes séparées de 20 mètres. L'effort est continu et permettra d'estimer la capacité aérobie en estimant la VO_{2max} [85].

Une attention particulière doit être accordée à ce facteur pour ces effets bénéfiques sur la santé des jeunes et l'école devrait jouer un rôle important dans la détection des enfants présentant de faibles capacités aérobies [86]. Une étude transversale a montré que les personnes présentant des lombalgies chroniques ont une capacité aérobie réduite par rapport à un groupe d'adultes sains [67, 87]. Cependant, on ne sait pas si les douleurs rachidiennes entraînent une diminution des capacités aérobies car les personnes rapportant des rachialgies bougent moins ou alors si les faibles capacités aérobies sont responsables du développement du mal de dos. Une étude prospective a mis en évidence chez des jeunes hommes de 18 à 28 ans que le risque de développer des lombalgies est supérieur chez les participants ayant de faibles performances aérobies [88].

Problématique générale

Notre question de recherche est donc la suivante : Existe-t-il des facteurs prédictifs de douleurs de dos chez les enfants et les adolescents ? Pour répondre à cette question, nous nous sommes centrés sur la puberté, la force musculaire, l'endurance musculaire, les capacités aérobies ainsi que sur la composition corporelle qui sont des facteurs qui subissent des modifications importantes au cours de l'adolescence.

A l'issue de ce cadre théorique, il apparaît clairement que les douleurs rachidiennes sont fréquentes et que ses causes sont mal connues. La difficulté à trouver la cause des rachialgies rend difficile son traitement ainsi que sa prévention. Le mal de dos est souvent décrit comme un épisode de courte durée qui se résout rapidement. Cependant, les informations disponibles dans la littérature indiquent qu'il ne faut pas voir les épisodes douloureux de façon isolé mais au contraire qu'il faut voir ces différents épisodes comme la récurrence d'une même condition.

Les douleurs rachidiennes peuvent avoir des conséquences au niveau personnel en perturbant les activités quotidiennes des personnes qui en souffrent ainsi qu'au niveau de la population avec d'importants coûts financiers. Pour être en mesure de réduire ces conséquences, il est important de comprendre le ou les mécanisme(s) de survenue. L'enfance et l'adolescence sont des périodes très importantes dans le développement des douleurs rachidiennes. C'est pour cette raison que le travail effectué dans cette thèse s'intéresse particulièrement aux différents changements qui interviennent durant cette période. Le but est de déterminer s'il existe des facteurs de risque, ce qui pourrait permettre de mettre en place des moyens de prévention primaire (avant que la première douleur n'apparaisse).

Cependant, la mise en évidence de ces facteurs de risque est compliquée. En effet, il est déjà difficile d'obtenir de façon précise la prévalence des douleurs rachidiennes. La récolte des données est un point complexe car lorsque l'on questionne les patients concernant cette condition, on demande souvent s'ils ont eu des douleurs dans les six derniers mois, durant l'année qui vient de s'écouler ou encore depuis le début de leur vie. Cette longue période de rappel présente des limites car il y a des possibilités d'oubli. Il est pourtant très important d'avoir une variable dépendante précise pour pouvoir déterminer les relations avec d'autres variables, ce qui n'est pas toujours le cas.

Pour répondre à notre question de recherche, nous répondrons aux cinq objectifs suivants :

1. Déterminer s'il existe un lien de causalité entre les douleurs rachidiennes et la puberté.
2. Déterminer s'il existe une association entre la force musculaire en extension du tronc et les douleurs rachidiennes chez l'enfant et l'adolescent.
3. Déterminer s'il existe une association entre l'endurance musculaire en extension du tronc et les douleurs rachidiennes chez l'enfant et l'adolescent.
4. Déterminer s'il existe une association entre les capacités aérobie et les douleurs rachidiennes chez l'enfant et l'adolescent.
5. Déterminer s'il existe une association entre la composition corporelle et les douleurs rachidiennes chez l'enfant et l'adolescent.

Une première étude sous forme de revue systématique et critique de la littérature explorera s'il existe un lien de causalité entre le développement pubertaire et les douleurs rachidiennes. Pour cette étude nous avons émis l'hypothèse qu'il existe une relation causale de la puberté sur le mal de dos. Bien que cette relation de causalité semble possible, aucune revue systématique ne s'est pour l'instant attardée sur la présence de critères de causalité entre ces variables.

Une seconde étude, toujours sous forme de revue systématique et critique de littérature, incluant une méta-analyse, explorera l'association entre la force musculaire, l'endurance musculaire, les capacités aérobies et les douleurs rachidiennes chez les enfants et les adolescents. Pour cette deuxième étude nous avons émis deux hypothèses : une faible force musculaire, endurance musculaire et/ou capacité aérobie ont une association positive avec le mal de dos ; au contraire une forte force musculaire, endurance musculaire et capacité aérobie présentent une association négative avec les douleurs rachidiennes. À ce jour, aucune revue de littérature concernant ces associations sur les enfants n'a été publiée.

Enfin, la troisième étude présentée dans cette thèse consistera en une analyse secondaire de données issues d'une expérimentation en milieu naturel menée dans des écoles de la région de Svendborg au Danemark. L'objectif de cette étude consiste à déterminer si la composition corporelle ou les capacités aérobies sont associées aux douleurs rachidiennes chez les jeunes. Pour cette dernière étude nous avons émis l'hypothèse qu'il est plus probable que les enfants ayant un pourcentage de masse grasse élevé et/ou une faible capacité aérobie rapportent plus de douleurs rachidiennes.

Contribution de recherche

Revue de littérature 1

Is puberty a risk factor for back pain in the young?

A systematic critical literature review

Arnaud Lardon^{1,2}, Charlotte Leboeuf-Yde^{1,2,3}, Christine Le Scanff¹, Niels Wedderkopp⁴

alardon@ifec.net (corresponding author)

clyde@health.sdu.dk

christine.le-scanff@u-psud.fr

nwedderkopp@health.sdu.dk

1. EA 4532 CIAMS, Université Paris-Sud, UFR STAPS, 91405 Orsay France.
2. Institut Franco-Européen de Chiropraxie, 24 Bld Paul Vaillant Couturier 94200 Ivry sur Seine, France.
3. Research Department Spinecenter of Southern Denmark Hospital, Lillebælt Middelfart, Denmark
4. Sport medicine clinic, orthopedic dep., Hospital of Lillebaelt, Institute of Regional Health, Service Research and Center for Research in Childhood Health, University of Southern Denmark.

Publiée en octobre 2014 dans Chiropractic and Manual Therapies

Lardon A, Leboeuf-Yde C, Le Scanff C, Wedderkopp N: **Is puberty a risk factor for back pain in the young? a systematic critical literature review.** *Chiropractic & manual therapies* 2014, **22**(1):27.

Abstract

Background: Back pain is a common condition that starts early in life and seems to increase markedly during puberty. A systematic review was performed in order to investigate the link between puberty and back pain, using some Bradford Hill criteria for causality.

Objectives: We sought to obtain answers to the following questions: 1) Is there an association between puberty and back pain? If so, how strong is this association? And do the results remain unchanged also when controlling for age and sex? 2) Are the results of the studies consistent? 3) Is there a dose-response, showing a link between the increasing stages of puberty and the subsequent prevalence of back pain? 4) Is there a temporal link between puberty and back pain?

Design: A systematic critical literature review.

Methods: Systematic searches were made in March 2014 in PubMed, Embase, CINAHL and PsycINFO including longitudinal or cross-sectional studies on back pain for subjects <19 years, written in French or English. The review process followed the AMSTAR recommendations. Interpretation was made using some of the Bradford-Hill criteria for causality.

Results: Four articles reporting five studies were included, two of which were longitudinal. 1) Some studies show a weak and others a strong positive association between puberty and back pain, which remains after controlling for age and sex; 2) Results were consistent across the studies; 3) There was a linear increase of back pain according to the stage of puberty 4) Temporality has not been sufficiently studied.

Conclusion: All our criteria for causality were fulfilled or somewhat fulfilled indicating the possibility of a causal link between puberty and back pain. Future research should

focus on specific hypotheses, for example investigating if there could be a hormonal or a biomechanical aspect to the development of back pain at this time of life.

Keywords: Back pain, puberty, adolescent, cause, aetiology, systematic review.

Background

Back pain in young age

It has previously been established that back pain starts during childhood [8, 9, 35, 89]. According to two recent systematic literature reviews [35, 89], the lifetime prevalence increases between the ages of 7 and 12 (on average from 1% to 17%) to reach the adult level around the age of 20 [10]. In relation to low back pain, it appears that puberty is the time for a rapid increase. Girls start puberty earlier than boys, which may explain why they report back pain earlier than boys [10].

Puberty and back pain

The time of puberty is the transition period from childhood to adulthood and over only a few years, both body and soul will undergo many changes. The most apparent morphological differences are increased height and a change in body composition. It has been proposed that these may impact back pain [46, 90, 91]. The growth spurt, defined as an average gain of 10 cm per year [92], could be considered a particularly vulnerable period due to sudden mechanical loading changes on the spine. According to a longitudinal study [42], in a healthy population of white girls, the fat mass was shown to increase at the end stage of pubertal development. If this fat replaces active muscle fibers, this too could result in back problems.

Puberty is also an important period for hormonal development and it has been shown that the different pubertal stages are positively associated with the level of sex hormones in both boys and girls [93]. These hormones play a role in pain perception, as demonstrated in adults [38, 40, 41, 94]. It has been shown, for example, that hormone replacement therapy is linked to back pain in postmenopausal women [94] and that the perception of experimentally induced pain varies throughout the menstrual cycle [41]. It is also known that pain perception is different for men and women of reproductive age

[38], but no such difference was found in elderly surgical patients [40]. As a consequence, it has also been suggested that hormonal changes appearing at puberty may influence the perception of pain. However, we were unable to find any research published in English on this topic.

There are, therefore, several potential reasons why back problems could develop or, at least, become more readily felt during the period of puberty than in earlier childhood. For this reason, a systematic critical literature review was undertaken in order to investigate whether there is any evidence in relation to puberty as a cause of back pain.

Research questions

Specifically, we sought to obtain answers to the following questions:

1. Is there an association between puberty and back pain? If so, how strong is this association? Will such an association withstand the control of age and sex?
2. Are results of the studies consistent?
3. Is there a dose-response, showing a positive link between the increasing stages of puberty and the prevalence of back pain?
4. Is there a temporal link between puberty and back pain?

Methods

The authors performed a systematic critical literature review to identify, evaluate and summarize the evidence on whether puberty could be a cause of back pain in the young.

Search

Searches were made in PubMed, PsycINFO, CINAHL and Embase databases for articles published until March 2014 without limits in relation to language or time. The search was uncomplicated; we used the following search terms as free text and MeSH terms: “puberty”, pubert*” and “back pain”. To select appropriate search terms, the first author consulted a documentalist at the University of Paris-Sud.

Eligibility criteria

Inclusion criteria related to type of study, study subjects, and target condition. Specifically, longitudinal and cross sectional studies were accepted if they were written in English or French. We included studies of children and/or adolescents below the age of 19, in order to capture both the pre-pubertal and pubertal periods. The target condition was back pain that should be defined independently and not included in a generic term, such as a musculoskeletal pain.

Screening

The first author read the titles and abstracts to select the relevant full texts. He did an additional search, tracking references from articles and also eliminated any duplicates. The relevant full texts were thereafter read independently by the first and second authors to verify if they could be included in the review. The flow of the study has been reported according to the PRISMA 2009 flow diagram (Fig. 1). Excluded articles and the reasons for exclusion have been listed in this figure.

Methodological quality assessment

A specific checklist for this topic was developed in relation to the needs of this study. This checklist was divided into three parts (description, quality and results). The user-friendliness and relevance of the first two grids were tested independently by the authors, after which improvements were made and then tested again until found suitable. In addition, we followed the criteria for systematic reviews listed in AMSTAR [95], with the exception that we did not take into account 'conflict of interest', as there would be no financial gain from the results of this type of study.

Table 2a. Description of four articles reporting on five studies on puberty and back pain

Reference number	[33]	[33]	[35]	[34]	[32]
1 st author	Jansens	Jansens	Wedderkopp	LeResche	Huisegge
Year	2011	2011	2005	2005	2011
Country	Netherland	USA	Denmark	USA	Netherland
Design	Longitudinal	Longitudinal	Cross-sectional	Cross-sectional	Cross-sectional
Sample size	BL: 2935 FU: 1816	BL: 4079 FU: 1817	419	3101	2698
Response rate	BL: 76% 1 st FU: 73% 2 nd FU: 62%	BL: 49% FU: 45%	51%	49%	66%
Age	BL: 11.1 FU: 15.1	BL: 11 FU: 14	8-10 and 14-16	11-17	11
Sex distribution (% of girls)	51	51	100	50	49
Description of puberty	4 stages	4 stages	5 stages	4 stages	4 stages
Data collection for puberty	Questionnaire PDS	Telephone itw PDS	Physical examination Tanner stages	Telephone itw PDS	Questionnaire PDS
Description of back pain	BP = frequency	BP = frequency	BP = areas (LBP/MBP/NP)	BP = duration (>one day or more)	BP = duration (>1 month)
Data collection for back pain	Questionnaire	Telephone itw	Semi-structured itw	Telephone itw	Questionnaire
Recall period for back	3 months	3 months	1 month	3 months	12 months
Other extrinsic factors than age and sex	Pubertal status at BL BP at BL	Pubertal status at BL BP at BL	Overweight Smoke	Previous pain Depression	Not in the analysis for back pain
Dose-response analysis possible	Prevalence estimate AND frequency of symptoms in relation to puberty stages	Prevalence estimate AND frequency of symptoms in relation to puberty stages	Prevalence estimate in relation to puberty stages	Prevalence estimate in relation to puberty stages	Prevalence estimate in relation to puberty stages

BL = baseline, FU = follow up, Itw = interview, PDS = pubertal development scales, BP = back pain.

The descriptive items are listed in Table 2a. As an already existing quality checklist that fulfilled our needs could not be found, one had to be designed (Table 2b).

This resulted in six main topics relating to methodological quality and bias, resembling the checklist of Landrison [96], which is an adaptation of the “Critical Appraisal Worksheet” from the Center for Clinical Epidemiology and Biostatistics of Newcastle University. An additional item (reliability) was taken from the SIGN checklist [97]. The quality assessment was relevant for the purposes of our study but would not necessarily describe the quality in relation to the authors’ original research question(s), which may have been different to our research questions. The rationale for this checklist is explained below:

1. Study sample. We wanted to know if the sample appeared to be representative of the corresponding target population, to determine if the results of these studies could be generalized. If the response rate was inferior to 80%, we expected that authors would have investigated potential response bias to see if the absence of non-responders was likely to affect the outcome. We calculated the response rates in the subsequent surveys on the basis of the invited number of study subjects at baseline and not on the basis of the number of participants in the preceding survey. The latter method is often used in studies but does not provide transparent information on the real proportion of participants of the study sample.
2. Data collection. In order to limit expectation bias, two different persons, blind to each other’s findings, should have collected information on back pain and puberty, unless at least one of these items was collected in a questionnaire.
3. The studied factor: puberty. The concept of puberty should be clearly defined, i.e. explaining how the puberty score was obtained and using a measure, stated to be valid and reliable.

4. The outcome measure: back pain. The outcome measure should be clearly defined. It should be explained how back pain was assessed and the recall period should be specified. In order to limit memory decay, the recall period should be minimized [8]. It was decided to limit this period to one month because it has been shown previously in adults that there is a good correlation between data obtained in adults through real-time data capture by text-messages and a retrospective telephone interview with a one-month recall period [98]. We considered that children would have fairly short recall ability but hoped that one-month would be acceptable also for them. Since there is no gold standard for “back pain”, validity could not be established. At baseline, it should also be specified if study subjects were pain free and preferably, if they had never previously had back pain, in order to establish temporality.
5. Potential modifiers/confounders. We also investigated if associations between puberty and back pain were controlled for possible confounders or modifiers, particularly age and sex. These are the only ones known to be linked with back pain in children, as back pain accelerates at this time in life and girls are more likely to report back pain than boys.
6. Finally, in the cases where the biological gradient (dose-response) was investigated, it was assessed if it had been submitted to a statistical test for trend and if the assumption for making such a test had been met.

A summary of the results is shown in Table 2c. These items related to various aspects of causality, using the method for causal assessment developed by Roffey *et al.* [99-103] and Wai *et al.* [104-106], which in turn was based on relevant criteria for causality previously described by Bradford Hill [23]. As in their reviews, the following

elements were considered: strength of the association, dose response, and temporality (further described below). “Plausibility” was not taken into consideration, as this was evident, and also not “experiment”, as this was irrelevant in observational studies, but “consistency” was added. Dose-response was taken into account both in cross-sectional and longitudinal studies but temporality could only be investigated in longitudinal studies, provided that the back pain variable had been defined clearly in terms of prior absence of pain.

Each article that fulfilled the inclusion criteria was independently reviewed by two authors blind to each other’s findings using the checklist. For each item, the authors specified if the checklist item was present, absent or not applicable. If the two reviewers disagreed, the third author would be consulted. One of the articles was not reviewed by the second author, who was a co-author of that study. In addition, the statistical aspect was reviewed by the last author.

Table 2b. Quality assessment of four articles reporting on five studies on puberty and back pain

		Jansens [33] (Netherlands)	Jansens [33] (USA)	Wedderkopp [35]	LeResche [34]	Hulsegge [32]
1. Study sample	- Was the sampling likely to be suitable to obtain a group representative of the corresponding general population?	Yes (Probably)	Yes (Probably)	Yes (Probably)	Yes (Probably)	Yes (Probably)
	- If participation at BL or at FU < 80%, was response bias investigated?	Yes	Yes	Yes	Yes	No
	- Inclusion criteria, were age groups appropriate to study the whole period of puberty?	Yes	Yes	Yes	Yes	Not really
2. Data collection	- Data for BP and puberty were collected independently by 2 different persons or by at least 1 questionnaire?	Yes	No	Yes	No	Yes
3. Puberty	- Clearly defined?	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
	- Description of how puberty stage was determined?	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
	- Reference provided for validity of test?	No	No	No	Yes	Yes
	- Reference provided for reliability of test?	Yes	Yes	No	No	No
4. Back pain	- Clearly defined?	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
	- Description of how BP was assessed?	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
	- Recall period (<= 1 month)?	No	No	Yes	No	No
	- Was BP at BL taken into account?	Yes	Yes	NA	NA	NA
5. Control for age and sex	- Was the association puberty- BP controlled for age?	Yes	Yes	Stratified analysis	Yes	Yes
	- for sex?	Yes	Yes	NA	Stratified analysis	Yes
6. Stat. analysis	- Was dose-response prevalence estimated in relation to puberty stages investigated?	Yes	Yes	Yes	Yes	No
	- Was dose-response of frequency or severity in relation to puberty stages investigated?	No	No	NA	NA	NA
	- Was dose-response tested for trend?	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Score (0-17)%		14/17	13/17	12/14	12/15	10/15
		82%	76%	86%	80%	67%

(listed by the quality score).

BL = baseline, FU = follow up, BP = back pain, NA = not applicable.

Analysis

The results in the grid were summarized and a quality percentage score was calculated for the second part of the checklist. The studies were classified, first according to their design, and then by their methodological quality scores. They were thereafter scrutinized in relation to the research objectives. No cut-off point for minimum standard of quality was established. Instead, we intended to rely more on the results of the better studies than those of lower scores, if studies with the lowest scores reported findings that deviated from the better studies [107].

The result table included a descriptive item relating to the prevalence of back pain in relation to the various subgroups that had been analyzed (sex, puberty stages). It also included the unadjusted and adjusted odds ratio (ORs) obtained in the logistic regression.

Causality was explored on the basis of the following Bradford Hill criteria [23].

1. Strength of association. Estimates of associations were scrutinized in the text and tables, using the ORs of the latest puberty stage compared to the index value. When only the logistic regression estimate had been provided, we used it to estimate the values for each pubertal stage based on the initial estimate (see Appendix 1 for this procedure). This method did not make it possible to provide 95% confidence interval (CI) if authors did not include information needed for this in their articles. However, when interpreting the results, values indicating the strength of the association can only be trusted if the assumption for linearity between the logit of the probability of “positive” response in the dependent variable and the continuous independent variable (in this case puberty stages treated as a continuous variable to test for trend) have not been obviously violated. We therefore included also a checklist item for this and verified if this

had been reported in the text. ORs were considered to be significantly positive if 1 was not included in the confidence interval or if authors defined significance through a p-value. ORs between 1.0 and 2.4 were considered to be weak, whereas ORs between 2.5 and 3.9 were considered to be moderate and strong if they were larger than 4.0 [108]. In addition, we investigated if the authors had controlled for, at least, age and sex in their analyses. If other variables had been included in the analyses, these were also noted. This item was relevant both in cross-sectional and longitudinal studies.

2. Consistency of findings. Consistency was arbitrarily deemed to be strong if 75% of studies were in agreement, and if at least two such studies were of high quality [24]. This item was relevant both in cross-sectional and longitudinal studies.
3. Dose-response. We studied the dose-response between the various puberty stages and the prevalence of back pain. The presence of a dose-response link could also be indicated if puberty stages and the severity or frequency of back pain showed a gradual positive association. Such a positive link was acceptable if a clear step-wise increase of estimates was visualized, in particular if this incline was shown to be statistically significant. Statistical significance could be shown by odds ratio of separate stages of puberty not being inside the confidence intervals of some of the other stages, or by some type of test for trend. This item was relevant both in cross sectional and longitudinal studies. These results were dependent either on data provided by the authors or on our estimations of the different stages.
4. Temporality. In longitudinal studies, it would be necessary to include children who had never previously had back pain at baseline in order to see if the onset of puberty would be associated with the development of back pain. As back pain is

relatively rare in childhood and lifetime data on back pain would be difficult to collect at this age, we considered it acceptable also to have defined children as having or not having back pain at the time around baseline, as probably the majority without back pain at that time would have been truly back pain free also prior to the study.

We did not perform a meta-analysis because the definitions and reporting of back pain in the articles were found to be heterogeneous. Instead, findings were summarized in a narrative fashion. The final conclusion on causality was obtained in a subjective manner on the basis of the weight of all evidence in relation to strength of association, consistency, dose-response, and temporality.

Results

Description of studies - general

A total of 154 potentially relevant articles were identified, 47 in PubMed, 101 in Embase and six by citation tracking. Eleven full texts were assessed for eligibility, resulting in four articles reporting on five studies suitable for review [11, 36, 109, 110] whereas seven articles [111-117] were excluded for various reasons (Fig. 2a).

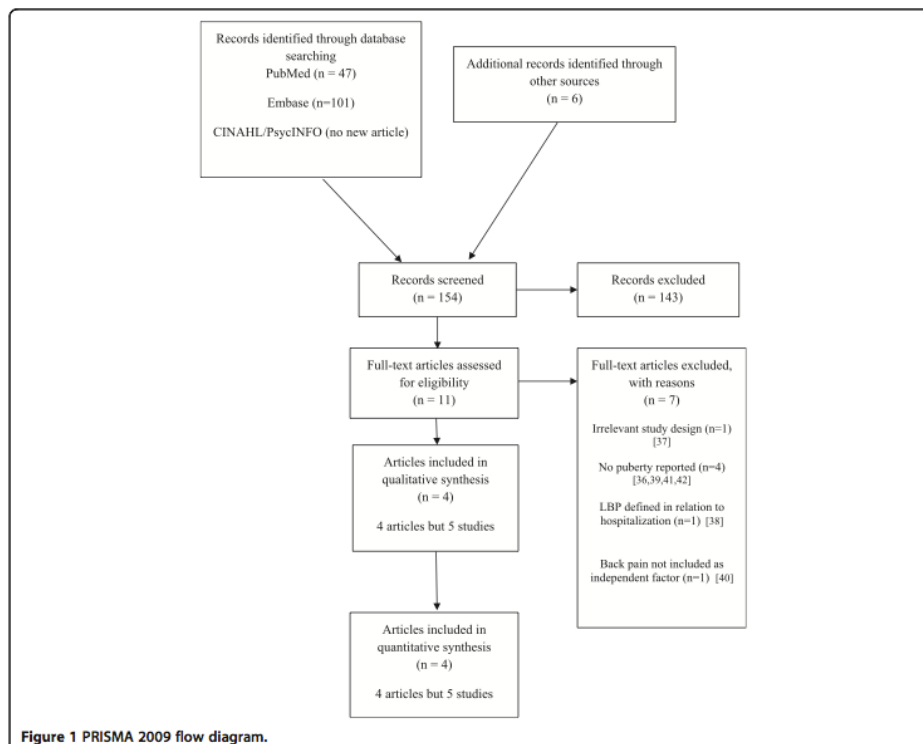


Figure 2a. PRISMA 2009 flow diagram

Brief description of articles

As seen in Table 2a, these articles were published between 2005 and 2011. Two studies were from North America and the remaining three from Europe. The ages of participants ranged from 11 to 17 years. Three studies were cross-sectional in type and one article reported on two longitudinal studies, one conducted in Europe and the other in USA. These two studies started with children aged 11 who were surveyed again at

least three years later. The sample sizes in the five studies ranged from circa 400 to approximately 4000, and the calculated response rates ranged between 45% and 66%. Two of the studies dealt with puberty and back pain as their major research topic. The others included back pain among other definitions of pain. Four studies included both boys and girls and one included only girls.

The first included article, by Hulsegge *et al.* [109], is also a cross sectional study in which 2698 children (response rate 66%) aged 11 were included. The aim was to study if various potential risk factors (one of which was puberty) were associated with musculoskeletal complaints, including back pain.

The second article, by Jansens *et al.* [110], consists of two longitudinal studies, one performed in the Netherlands in which 2935 children were included (response rate 76% at baseline and 62% at follow-up) and the other in the USA consisting of 4079 children (response rate 49% at baseline and 45% at follow-up). Boys and girls were reviewed three times from the ages of 11 to 15 (Netherlands) and twice from 11 to 14 (USA). The work was based on the hypothesis that pubertal maturation at baseline is a risk factor for later development of back pain.

The third article, by LeResche *et al.* [36], is a cross-sectional study that included 3101 boys and girls aged from 11 to 17 years old (response rate 49%). The relationship between back pain and pubertal development was assessed.

The last article, by Wedderkopp *et al.* [11], is a cross sectional study that included 254 girls aged 8-10 years and 165 girls aged 14-16 years (response rate 51%). The authors assessed the link between back pain and the different pubertal stages.

Details about the definition of puberty, definition of back pain, extrinsic factors, dose-response and temporality are reported below in the description of studies section.

Description of studies

Definition of puberty

Two classification methods of the various pubertal stages were used: the Pubertal Development Scale (PDS) and the Tanner classification. The first one divides puberty into 4 stages (no development = 1, development barely begun = 2, development definitively underway = 3 and development already completed = 4). To determine the relevant stage, five characteristics for each sex have to be assessed (growth spurt, skin changes and body hair for boys and girls, breast development and menarche in girls, voice change and facial hair growth in boys). The second method, a modified Tanner scale, divides puberty into 5 stages based on the breast development (stage 1 = not started puberty, stage 2 = just starting, stages 3 and 4 = in pubertal development, stage 5 = puberty ended). One study used the Tanner scale [11] whereas the four others used the PDS [36, 109, 110]. The data for puberty were collected by physical examination [11], telephone interviews [36, 110] or by questionnaires [109, 110] (Table 2a).

Definition of back pain

The definition of back pain was not homogeneous between the articles. Wedderkopp *et al.* [11] used areas of discomfort in the back (low back, middle back or neck pain), the two longitudinal studies [110] took into account the frequency of back pain, whereas LeResche *et al.* [36] and Hulsegge *et al.* [109] focused on duration of back pain. Hulsegge *et al.* [109] were the only authors to define back pain as long lasting i.e. a duration superior to 1 month in the past year. This information on back pain was collected using interview [11], telephone interviews [36, 110] or questionnaires [109, 110]. In the studies, the recall period for back pain varied from one month to twelve months.

Extrinsic factors included in the analysis

All authors controlled their results in relation to age and sex (when relevant). In addition, other extrinsic factors that were used for control were: pubertal status at baseline [110], previous pain [36, 110], depression [36], overweight [11] and smoking [11] (Table 2a).

Dose-response

All the studies performed a test for dose-response using logistic regression where the association between puberty stages and back pain was considered to be (at least) relatively linear.

Temporality

Temporality could be somewhat explored in the two longitudinal studies because the authors controlled for pubertal status at baseline. They included, at baseline, children with or without back pain. However, they did not clearly identify children who, at baseline, had never previously experienced back pain, which would have been necessary to identify true incidence of back pain.

Methodological quality for the needs of this review

The quality scores were between 67% and 86% (Table 2b).

Studied factor: puberty

All the authors clearly defined puberty and how a puberty stage was determined, using either the Tanner scale or the PDS which has been shown to have a reasonably good correlation with physician ratings of Tanner Scale stages [118], the latter being considered as the gold standard.

Outcome measure: back pain

The back pain variables were always clearly defined and the method of data collection explained. Memory decay could have been an issue in four studies as they used a recall period superior to one month. The two longitudinal studies [110] did not have a definition of absolute absence of back pain at baseline but took presence/absence of back pain at baseline into account in their analyses.

Data collection

Data on back pain and puberty were clearly collected independently of each other in three of the studies [11, 109, 110]. In the two remaining [36, 110], it is not known if answers could have been biased during data collection, because all information was obtained by telephone interview and it is not known how this risk was dealt with during data collection.

Study sample

The sampling methods were considered adequate in all studies and only one failed to investigate the possibility of response bias. In all studies but one, the age groups seemed relevant (Table 2b). The exception being one study [109], in which a large proportion would probably have been pre or early pubertal making it difficult to compare children in different stages of development.

Potential modifiers

When relevant, age and sex were included in the analysis, either in a multivariate analysis or through stratification.

Study results

Strength of the association

As can be seen in Table 2c, the five studies included in this review all reported positive associations between puberty and back pain. The estimated unadjusted values ranged between 2.4 [110] and 7.99 [36]; both estimated ORs refer to the difference

between the index and the final puberty stage (calculated from the OR obtained by logistic regression). No obvious differences were generally noted between the unadjusted and adjusted values. A particularly high OR was reported by Wedderkopp *et al.* [11] for the unadjusted OR of 14.6 (95% CI 3.8-56.6), referring to a specific subgroup of back pain, namely to low back pain.

Consistency

All studies reported statistically significant positive associations, although in one of the studies, this association was found only in boys and not in girls. All other results of the studies are in agreement and showed that puberty and back pain are associated.

Dose-response

All the five studies, reported on dose-response and all noted a positive gradient of back pain reporting in relation to increasing level of puberty. Again, in one of the studies [109] this was not the case for the girls.

In all studies the estimates indicated a gradual increase of back pain by puberty stage, although estimates were generally not surrounded by 95% CI. In one study [11], CIs were shown but there was overlap between these for all stages. Nevertheless, a test for trend using logistic regression did however confirm linearity.

Temporality

In relation to temporality, which could have been dealt with in the two longitudinal studies, none of the studies had separately identified children who were truly back pain free at baseline, but presence/absence of back pain at baseline was taken into account in the analyses of the two longitudinal studies. The results indicate that

puberty was associated with the onset of back pain, but whether this was a first time onset or a recurring event is not known.

Discussion

Summary of findings

To our knowledge, this is the first literature review on the association between puberty and back pain. In relation to the Bradford Hill criteria, we found two weak associations and three that were strong (ranged 2.4 to 7.99), consistency of findings, a positive biological gradient (dose-response), and some evidence of temporality. These results indicate a clear association between puberty and back pain and that there are several indications towards a causal links. Further, when the researchers controlled for age, the results did not change, indicating that the link between puberty and back pain is not merely the result of the accumulation of other (unknown) risk factors that would appear with age. Nevertheless, there would be many potential risk factors that could be candidates for future research, particularly if they are linked with age. Moreover, it was noted that sex, mostly, did not have an influence on the results.

To establish causality, dose-response is an important criterion. When using logistic regression, an OR is reported from which it is possible to extrapolate the subsequent values. However, this method only provides correct results if the assumption for linearity has been met. This is the reason why we could not take into account the result from one of the studies on this issue (Table 2c). Furthermore, to study dose-response it was necessary to have access to children at different stages of puberty and to establish if their prevalence of back pain increased with the subsequent stages. Information on frequency and severity of back pain was collected in the two longitudinal studies but not further used in the analyses, meaning that some possibilities to study worsening of back pain with increased puberty were lost.

These results indicate that puberty may play an etiological role in the development of at least some back pain. These findings, however, do not bring any new information on what aspects of puberty, specifically, may contribute to back pain. Several possibilities spring to mind such as growth spurt, altered pain perception, psychological changes, or an altered lifestyle, which could all contribute, independently or together. Also, as the association is not strong, there would be other competing factors that can explain the onset of back pain.

Methodological considerations

Five studies were found, all with high or relatively high quality scores. However, the study with the somewhat lower score, contrary to the others, did not find a clear positive association between puberty and back pain for both sexes, but only for boys [109]. This study included children who were all aged 11, which meant that there might not have been a wide enough age range to cover all stages of puberty. It also defined back pain as long-lasting (bothersome pain for more than 1 month) and used a recall period of 12 months. It is uncertain, if such long-lasting pain would be prevalent at such a young age, and if so, if the duration could be clearly identified after up to one year.

Our librarian-assisted search was simple and articles easy to screen. There were also relatively few hits to consider. We therefore do not believe that it was a weakness of this study that only one of the authors screened the initial records for suitable articles. Still, it was of course possible that some relevant articles passed by our search. At the request of one of the reviewers, we did an extra search in PsycINFO and CINAHL, which resulted in no additional material.

The strengths of this review were that it was conducted by two independent persons with no interest in the outcome and that it used a check-list that was specifically designed to suit the purposes of the study. Furthermore, it followed the AMSTAR

recommendations for systematic reviews [95]. There was generally good agreement between the reviewers and any queries were easily resolved without the need for a referee. Other reviewers might have preferred to use other descriptive or quality criteria, which could have brought forth other aspects or possibly, other results. A particular strength was that other causal aspects in addition to associations were taken into account in an attempt to establish causality.

Conclusions

The results of this study show that puberty and back pain are indeed associated and that there are indications towards a causal link.

Nevertheless, causality cannot be established from the studies conducted to date, mainly because large, well-conducted longitudinal studies are lacking.

Further research appears merited, for example focusing on specific hypotheses, such as investigating if there could be a hormonal, biomechanical, behavioral, psychological or nutritional aspect to the development of back pain at this time of life.

In future research, it would be helpful if authors: 1) performed longitudinal studies, 2) used study populations with a suitable mix of children who have and have not started puberty, 3) used relevant definitions of back pain and absence of back pain, 4) took into account the various stages of puberty, 5) showed their estimates, and 6) used statistical tests that suit their data.

List of abbreviations used

PDS: Pubertal Development Scale, OR: odds ratio, CI: confidence interval

Competing interests

The authors declare that they have no conflicts of interest.

Authors' contributions

All the authors contributed to this review. AL searched in databases. AL and CLY designed the checklists, reviewed the literature, selected and assessed the articles, and analyzed the data. NW helped with the statistical interpretation. AL wrote the first draft. CLY, CLS and NW provided critical comments for the subsequent drafts. All the authors reviewed the final manuscript and approved the final version.

Authors' information

Arnaud Lardon, DC, MSc, is PhD student at the University of Paris-Sud.

Charlotte Leboeuf-Yde, DC, MPH, PhD is Professor in Clinical Biomechanics at the University of Southern Denmark and a Visiting Professor at the University of Paris-Sud with a special interest in the epidemiology of back pain.

Christine Le Scanff, PhD, is Professor at the University of Paris-Sud and Director of the Doctoral School 456, with her area of expertise in sports sciences.

Niels Wedderkopp, PhD, is Professor in Clinical Biomechanics at the University of Southern Denmark with a special interest in the epidemiology of back pain and sports.

Acknowledgements

Laura Davies, PhD, for the language editing.

Table 2c. Summary of results from four articles reporting on five studies on puberty and back pain

	Jansens [110] Netherlands	Jansens[110] USA	Wedderkopp [11]	LeResche [36]	Hulsegge [109]
Prevalence estimates of back pain (Puberty stage: Number or percentage of children with BP /Number of individuals)	? : 15%/992 girls ? : 11.1%/1004 boys	? : 30.5%/1069 girls ? : 22.1%/1018 boys	Stage 1 : 52/179 Stage 2 : 22/68 Stage 3 : 8/16 Stage 4 : 40/76 Stage 5 : 38/74	Puberty stage <2 : ?/ 155 Puberty stage 2 to 3 : ?/ ? Puberty stage>3: ?/594	? : 3.2%/1313 girls ? : 2.1%/1325 boys
OR obtained by logistic regression (Dependent variable : back pain / independent variable: puberty stage)	Unadjusted OR=1.34 * (95% CI 1.13-1.57) Adjusted OR=1.24 * (95% CI 1.04-1.46) ^a	Unadjusted OR=1.61* (95% CI 1.30-1.99) Adjusted OR=1.52* (95% CI 1.22-1.89) ^a	Unadjusted values: Not provided Adjusted OR=1.2* (95% CI 1.2-1.4) ^b	Boys: Unadjusted OR=1.9* (p<0.0001) Girls: Unadjusted OR=2.0* (p<0.0001) Adjusted values not provided, however association said to have remained when controlling on age and parental education	Unadjusted values: Not provided Both: Adjusted OR=1.23 (95% CI 0.77-1.96) ^c Boys: Adjusted OR=2.86 * (95% CI 1.14-7.15) ^c Girls: Adjusted OR=1.09 (95% CI 0.65-1.84) ^c
Assumption of linearity fulfilled for logistic regression	Yes	Yes	Yes	Yes	Not reported
Dose-response (Odds ratios by puberty stage)	<u>For both sexes:</u> Unadjusted values: Puberty stage 1 (Index) Puberty stage 2 OR=1.34 # Puberty stage 3 OR=1.79 # Puberty stage 4 OR=2.4 # Adjusted values ^a : Puberty stage 1 (Index) Puberty stage 2 OR=1.24 # Puberty stage 3 OR=1.54 # Puberty stage 4 OR=1.9 #	<u>For both sexes:</u> Unadjusted values: Puberty stage 1 (Index) Puberty stage 2 OR=1.61 # Puberty stage 3 OR=2.59 # Puberty stage 4 OR=4.17 # Adjusted values ^a : Puberty stage 1 (Index) Puberty stage 2 OR=1.52 # Puberty stage 3 OR=2.3 # Puberty stage 4 OR=3.5 #	<u>For girls only:</u> Unadjusted values: Puberty stage 1 (Index) Puberty stage 2 OR=1.1 (95%CI0.6-2.0) Puberty stage 3 OR=2.3 (95%CI0.8-6.5) Puberty stage 4 OR=2.6 (95%CI1.5-4.7) Puberty stage 5 OR=2.4 (95%CI1.4-4.3) Adjusted values ^b : Puberty stage 1 (Index) Puberty stage 2 OR=1.1 (95%CI 0.7-2.0) Puberty stage 3 OR=1.6 (95%CI 0.5-4.6) Puberty stage 4 OR=2.0 (95%CI 1.3-3.5)* Puberty stage 5 OR=2.1 (95%CI 1.1-4.1)*	<u>For girls and boys:</u> Unadjusted values: Puberty stage girls boys 1 (Index) (index) 2 OR=2 # OR=1.9 # 3 OR=4 # OR=3.61 # 4 OR=7.99 # OR=6.86 # Adjusted values: not provided	<u>For boys only^c:</u> Unadjusted values : not provided Adjusted values ^c : Puberty stage 1 (Index) Puberty stage 2 OR=2.86 # Puberty stage 3 OR=8.18 # Puberty stage 4 OR=23.4 #
Strength of association based on index versus last stage of puberty	Puberty stage 4 Unadjusted OR=2.4 # Adjusted OR=1.9 # ^a	Puberty stage 4 Unadjusted OR=4.17 # Adjusted OR=3.5 #	Puberty stage 5 Unadjusted OR=2.4 (95%CI 1.4-4.3) Adjusted OR=2.1 (95%CI 1.1-4.1)* ^b	Puberty stage 4 Unadjusted OR= 7.99 # for girls Unadjusted OR=6.86 # for boys	Puberty stage 4 Adjusted OR=23.4 # ^c
Temporality tested	Positive association noted between puberty stage at baseline and BP at follow-up after adjustment for back pain at baseline	Positive association noted between puberty stage at baseline and BP at follow-up after adjustment for back pain at baseline	NA	NA	NA

OR= Odds ratio

BP= Back pain

CI=confidence interval

* statistically significant

estimations of odds ratio (comparison of each stages compared to the index value) calculated from logistic regression provided in article

* ORs not calculated for girls and both sexes together because not significant

(a) adjusted for sex and back pain

(b) adjusted for overweight and smoking/ stratified by age

(c) adjusted for age and sex

Revue de littérature 2

Is back pain during childhood or adolescence associated with muscle strength, muscle endurance or aerobic capacity: three systematic literature reviews with one meta-analysis

Arnaud Lardon^{1,2}, Charlotte Leboeuf-Yde^{1,2,3}, Christine Le Scanff¹,

alardon@ifec.net (corresponding author)

clyde@health.sdu.dk

christine.le-scanff@u-psud.fr

1. EA 4532 CIAMS, Université Paris-Sud, UFR STAPS, 91405 Orsay France.

2. Institut Franco-Européen de Chiropraxie, 24 Bld Paul Vaillant Couturier 94200 Ivry sur Seine, France.

3. Research Department Spinecenter of Southern Denmark Hospital, Lillebælt Middelfart, Denmark

Acceptée dans la revue *Chiropractic and Manual Therapies* en avril 2015

Abstract

Background: Back pain is a common condition during childhood and adolescence. The causes of back pain are largely unknown but it seems plausible that some physical factors such as back muscle strength, back muscle endurance and aerobic capacity may play a role in its development, in particular in the early years.

Objectives: The objectives of this review were to investigate in childhood and adolescence 1) if muscular strength in trunk extension is associated with back pain, 2) if muscular endurance in trunk extension is associated with back pain and 3) if aerobic capacity is associated with back pain.

Design: Three systematic critical literature reviews with one meta-analysis.

Methods: Systematic searches were made in June 2014 in PubMed, Embase and SportDiscus including longitudinal, retrospective or cross-sectional studies on back pain for subjects <20 years. Articles were accepted if they were written in French or English. The review process followed the AMSTAR recommendations. The possibility of conducting a meta-analysis was assessed for each research question.

Results: Four articles were included for the first objective, four for the second and three for the last. None of the included articles found an association between back muscle strength in extension and back pain. For the second objective, a protective association between back muscle endurance in extension and back pain was found, later confirmed in a meta-analysis (OR=0.75, 95%CI 0.58-0.98). The association between aerobic capacity and back pain is not clear.

Conclusion: High back muscle endurance in extension is protective of back pain in youngsters, but high back muscle strength in extension and aerobic capacity are not.

Keywords: Back pain, adolescent, children, back muscle endurance, back muscle strength, aerobic capacity, meta-analysis, systematic review.

Background

Pain is relatively common in childhood and adolescence [119]. For example, in a population of circa 3000 adolescents, 61 % reported musculoskeletal pain at least in one area [120]. Back pain (BP) was noted to be the second most common type with 25 % reporting daily complaints [120]. BP is common during childhood and has been shown to be a predictor of low back pain (LBP) in adulthood [16]. Therefore, more knowledge is needed about BP in the early years, as attention needs to be focused on this period of life.

It is well known that physical activity has a positive effect on health [55] by decreasing adiposity and improving cardiovascular health, cardiovascular fitness, mental health, academic performance, musculoskeletal health, fitness and bone mineral density [59]. It seems likely that physical activity, through its positive influence on back muscle strength (BMS), back muscle endurance (BME) and aerobic capacity (AC) could also improve spinal health. However, physical activity is not the only factor which could have an effect on BMS, BME and AC during childhood and adolescence. The body composition changes during this growing period [42, 43], which could also have an effect on BMS [121] and AC [122]. There is conflicting evidence on the importance of these factors in adulthood [74].

BMS is the force generated by contraction of back muscles, whereas BME is the capacity of these muscles to sustain a sub-maximal contraction force for as long as possible (through isometric contraction). AC, on the other hand, reflects the capacity of cardio-vascular endurance [84].

BMS is usually measured in Newtons using a dynamometer while the participant performs isometric, isotonic or isokinetic maximum voluntary contraction [76]. For lumbar spine muscles, the duration of isometric contraction in extension, i.e. BME, is

often measured with the Biering-Sorensen test, which has been shown to have good reliability (ICC=0.77; 95% CI, 0.52-0.90) [81]. AC can be measured through various cardio-vascular endurance tests, such as running or biking, by estimation of the VO_{2max} , which is the maximum volume of oxygen consumed in one minute at maximum effort. It is also possible to calculate the VO_{2max} from other tests, such as 20 metres shuttle run that measures the performance [75].

Only one systematic review appears to have been published on physical fitness and LBP in youth [123]. However, it does not specifically address BMS, BME, and AC. Therefore, it is not clear if physical training, which would result in better strength and endurance, could have a preventive effect on BP in young people.

In order to obtain an overview of the present status of the scientific literature on the topic of muscle strength and endurance in relation to BP in youngsters, three systematic literature reviews were performed. The specific research questions addressed were:

1. Is muscular strength in trunk extension associated with BP?
2. Is muscular endurance in trunk extension associated with BP?
3. Is aerobic capacity associated with BP?

Method

Design

Three systematic critical reviews were carried out following the criteria listed in AMSTAR [95]. In addition, a meta-analysis was performed for the second research question. The review was registered on PROSPERO international prospective register of systematic reviews (PROSPERO 2014:CRD42014006189).

Search

Searches were performed in Pubmed, Embase and SportDiscus databases in June 2014 without any time limit. The following search terms were used as free text or MeSH terms: *muscle strength, muscle endurance, isokinetic, isometric, power, maximum voluntary contraction, muscle fatig*, aerobic capacity, aerobic fitness, maximum oxygen consumption, cardiovascular fitness, endurance, physical fitness, back pain, backache, spinal pain, children, adolescent, teen*. The search strategy was designed in collaboration with a librarian from the University of Paris-Sud.

Eligibility criteria

The eligible studies included in this review were longitudinal, retrospective or cross-sectional. We selected only articles written in English or French. The study population of selected studies had to be below the age of 20 (to include mainly participants who were not yet fully grown) and the sample size had to be superior to 100 at baseline. The target condition, BP, should not be included in a generic term only, such as a musculoskeletal pain. Studies relating only to the neck were not eligible. We excluded case reports, studies where only muscles other than back muscles were included and studies in which the BMS, BME and AC were not objectively measured. We required that the BMS was measured with a dynamometer, the BME assessed with the Biering-Sorensen test or by another test with the same reliability and that the AC was

measured either in laboratory to obtain the VO_{2max} , or by the two following field tests: PW170 or 20 meters shuttle tests; both shown to be valid predictors of VO_{2max} in adolescents [124].

Screening

The first author made the search in the databases and selected the potentially relevant full texts from titles and abstracts. This selection was repeated three months later to be sure that the first author could not remember the first selection (i.e. blind to his first choices), with the same results. The same investigator screened if other references could be found by tracking references from articles. The first and second author independently assessed if articles could be included in the review according to the inclusion and exclusion criteria based on the full texts. The selection process is summarised in Fig. 3a, according to the PRISMA 2009 flow diagram [125]. The reasons for exclusion are specified in this diagram. The selected articles were then divided between the three topics.

Methodological quality assessment

As shown below, a checklist from a previous review was used [126], derived from the checklist of Landrison [96]. The first and second authors completed the checklist independently for all included articles and compared their results. The quality assessment items selected for this review process were relevant for the purposes of the present study, but would not necessarily reflect the quality in relation to the authors' original research question(s).

The checklist contained six main topics (the first four related to the method of the studies and the two last concerned the results and whether these were subjected to relevant multivariate analyses):

1. Study sample. The representativeness of the sample in relation to the corresponding target population was assessed to know if it would be possible to generalize the results to the general population. In cases where the response rate was inferior to 80%, we assessed if authors investigated potential response bias.
2. Data collection. In order to limit expectation bias, data on back pain and BMS/BME/AC should be collected by two different persons, blind to each other's findings, unless at least one of these items was collected in a questionnaire.
3. The studied factor: BMS/BME/AC. This factor should be clearly defined, i.e. explaining how the data was obtained and using a measure, stated to be valid and/or reliable.
4. The outcome measure: back pain. The outcome measure should be clearly defined. The way back pain was assessed should be clearly explained and the recall period should be less than 1 month to limit memory decay [8].
5. Results of the study. The presence or absence of association was recorded.
6. Multivariate analysis. It was explored if the results remained the same after controlling for other relevant variables (i.e. age, sex)

Data analysis and synthesis

The three reviews were performed separately but using the same procedure, as described above. The results of the methodological assessment were summarised in Tables 3a-3c-3e; one table for each research question. A methodological quality score was obtained for each article. No cut-off point for level of quality was established.

The results were summarised in Tables 3b-3d-3f. All the BP variables listed in the method section of the included articles were included in these tables, even if they were not reported in relation to the independent variables (BME, BMS, and AC).

According to the type of results reported in the articles, the possibility of conducting a meta-analysis was assessed for each research question. Meta-analysis could be performed only if appropriate information was available in each included study. To perform the meta-analysis, we used a random effect model because the samples of the included studies did not emanate from the same underlying study population. Only one outcome variable can be used in a meta-analysis because the same participants cannot be included in the analyses more than once. It is also necessary to select only one outcome variable because the same participants cannot be included in the analyses more than once. Therefore, if several definitions of BP were available in a study, whenever possible, the one-month prevalence estimate was selected for the subsequent analyses.

Our hypotheses were that a high BMS, BME or AC has a negative association with BP. In the statistical model, we compared the middle or lower values against the highest 25% quartile. If results were presented only as means with standard deviations (SD), the standardised mean differences (SMD) and their respective SD were calculated enabling the estimation of odds ratios OR ($\ln OR = (\pi/\sqrt{3}) \times SMD$) [127]. The heterogeneity across the studies was described as the I^2 [128]. We did not implement a cut-off point for heterogeneity. Instead, if a large heterogeneity was found, we attempted to find explanations for this based on the method of the studies.

Results

Number of articles

For the first two research questions, 496 records were identified: 277 in PubMed, 170 in Embase and 49 in SportDiscus. Of these, 40 full texts were selected, 13 of which were duplicate studies resulting in 27 relevant full texts that were assessed for eligibility. Ultimately eight articles were included in the review, four of them relating to question 1 [68, 69, 129, 130] and four to question 2 [46, 70, 71, 73]. A hand search resulted in the identification of three potential texts, none of which were suitable for inclusion.

For the third research question, 270 records were identified: 156 in PubMed, 62 in Embase and 52 in SportDiscus. Eleven relevant full texts were selected, three of which were duplicate studies, resulting in eight full texts that were assessed for eligibility. Three of these were suitable for inclusion [46, 71, 72]. A hand search resulted in the identification of four potential texts, none of which were included. The reasons why these articles were excluded are listed in Fig. 3a.

Two articles [46, 71] included information pertinent to two of the three objectives. In the tables and results section, articles were listed in alphabetic order.

A. Is muscular strength in trunk extension associated with BP?

Description of studies or BMS

Four articles were included to answer the question of whether BMS in trunk extension is associated with BP. The first article, Balagué *et al.* [69], presents a cross-sectional study in which 117 children aged 11 to 15 years (response rate: 97%) were included. Its purpose was “to evaluate the relationship between the dynamic strength profile of the trunk, anthropometric parameters, BP and frequency of sport activities

performed". BMS was evaluated using an isokinetic Cybex II dynamometer. Information on BP was obtained through interview and defined in relation to location, cumulative life prevalence and point prevalence. The association between BMS and presence of past history of BP was studied controlling for self-reported frequency of sport. Univariate, multivariate and correlation analyses were used to determine the association between BMS and BP.

The second article, Balagué *et al.* [68], reports the results from a cross-sectional and a prospective study, in which 95 children aged 13 to 14 years remained at follow-up (response rate: not reported). The objective was to examine if trunk performance capacity has an association with LBP in adolescent boys. The trunk muscle performance was evaluated with standard dynamometer testing protocols. The presence of LBP was determined using a brief semi-structured interview with questions about medical attention and the time of the last episode. The difference in BMS was studied for the groups with and without LBP. The unpaired t-test was used to compare BMS in those with and without BP.

The third article, Merati *et al.* [129], presents a cross-sectional study in which 144 12-year olds were included (response rate: not reported). The goal of this study was to assess if a deficit in trunk muscular strength plays a role in BP occurrence in pre-pubertal subjects. BMS was measured with a modular-components isokinetic dynamometer. A questionnaire was used to determine the presence of BP. The student t-test was used to compare BMS in those with and without BP.

The fourth article, Newcomer and Sinaki [130], presents a prospective study with a 4-year follow-up in which 96 study subjects, aged from 10 to 19 years, remained in the final study group (response rate: 39%). The main purpose was to determine the occurrence of LBP and its relationship to back strength and physical activity in children.

Back strength was tested at baseline by an iso-dynamometer. LBP at follow-up was determined in an interview, based on a list of five questions about LBP-ever, the age at the first episode, one-year prevalence, the consequences on school and sport activities and medical attention. To evaluate this association, logistic regression was used.

Quality assessment of articles on BMS

The quality scores in the four reviewed articles were 56%, 56%, 78% and 78% (Table 3a).

Table 3a. Methodological checklist objective 1

Ref numb.	Name of first author/year	Study sample	Data collection	Studied factors: TMS	Back pain	Score and %
[69]	Balagué 1993	N-N	Y	Y-Y-Y	Y-Y-Y	7/9 78%
[68]	Balagué 2010	N-N	?	Y-Y-Y	Y-Y-N	5/9 56%
[129]	Merati 2004	Y-N	Y	Y-Y-Y	Y-Y-N	7/9 78%
[130]	Newcomer 1996	N-N	?	Y-Y-Y	Y-Y-N	5/9 56%

Studied factor: Back muscle strength

All the articles assessed BMS with a dynamometer. In one study [68], reference was made to a previous study having shown the measurement to be reliable whereas in two of the studies, reliability was tested and shown to be acceptable in one [69], but results were unreported in the other [129]. In the fourth study [130], the dynamometer was calibrated and it was reported that the method had been previously shown to be reliable and valid. In general, these data can therefore probably be trusted.

Outcome Measure: Back pain

BP was clearly defined in all the articles as well as the description of the BP assessment. However, only one article reported a recall period of one month or less [69], which was considered suitable in young people. The other articles reported in their results section a history of LBP [68], a recall period of six months [129], and recall periods of one year and a lifetime [130].

Data Collection

In two articles [68, 69], the data collection for BP was made through semi-structured interview but it was not clear if the person who made the interview and the person in charge of strength measurement were the same. In the other two [129, 130], questionnaires were used, thus ensuring separate data collection of these two variables, necessary to prevent reporting bias.

Study sample

All studies recruited at least some of their study subjects from schools, one having to resort to additional assistance from medical practitioners for recruitment [69]. In only one of the studies [129], participants were reported to have been randomly selected. Whether study participants were representative of the general population is therefore doubtful.

Results for research question 1

None of the four relevant articles demonstrated an association between BMS in extension and BP (Table 3b). Therefore no meta-analysis was performed for this research question.

Table 3b. The association between back muscle strength in extension and back pain in people younger than 19 years as reported in four studies

Ref numb.	Name of first author/year	Design of study	Independent variable	Dependent variables listed in method	Dependent variables reported in result section	Association BMS in extension and back pain
[69]	Balagué 1993	CS	BMS in N	Cumulative life prevalence Point prevalence Localization of BP	History of BP	None
[68]	Balagué 2010	CS and P	BMS in N	LBP medical attention LBP consequences Last episode Parental history of BP	History of LBP	None
[129]	Merati 2004	CS	BMS in N	Frequency of BP	History of BP	None
[130]	Newcomer 1996	P	BMS in N	LBP-ever Age of first episode One-Year prevalence LBP consequences LBP-doctor	LBP-ever Age of first episode One-Year prevalence LBP consequences LBP-doctor	None

CS: cross-sectionnal study

P: prospective study

BMS: back muscle strength (in extension)

N: Newton

BP: Back pain

LBP: Low back pain

B. Is muscular endurance in trunk extension associated with BP?

Description of studies on BME

The first article exploring the association between BME in trunk extension and LBP reports on a cross-sectional study written by Andersen *et al.* [71], in which 9413 17-year olds were included (response rate: 41%). The aim was “to examine the association between physical fitness and self-reported BP in adolescents”. The BME was assessed with the Biering-Sorensen test. BP was self-reported and focused on the presence of pain in the past month, prior experience of BP and the location of the pain. Logistic regression was used to assess the association between BME and BP adjusting for sex, height and smoking.

The second article, Bernard *et al.* [70], describes a retrospective study in which 327 individuals aged 10 to 18 were included (response rate: 50%). The main aim was “to compare muscle endurance of back flexors and extensors between a control group of 276 teenagers and a group of 51 teenagers from a pediatric unit, who suffered from chronic LBP”. The BME was assessed with the Biering-Sorensen test. LBP information was assessed with a visual analogue scale in a specific questionnaire for the chronic LBP group. The relevant analysis was performed by comparing the BME in the clinical group to the control group. Nevertheless, some of the participants in the control group also reported some LBP (n=47 according to the method section and n=48 according to the results section). How this information was obtained was not explained. The association between BME and BP was tested using linear regression.

The third article, Johnson *et al.* [46], is a cross-sectional study including 625 youngsters aged 11-19 (response rate: not reported). The aim was “to establish reference data and pattern of back extensor strength in school-aged Nigerian adolescents”. The BME was assessed with the Biering-Sorensen test. The history of LBP

and present LBP was assessed by questionnaire. The difference in BME was tested for those with or without a history of LBP using a t-test. The same was done for present LBP.

The fourth relevant article, Perry *et al.* [73], also describes a cross-sectional study in which 1608 adolescents, all aged 14, were included (response rate: 69%). The aim of this study was to determine if physical fitness is related to increased risk of BP. The BME was assessed with the Biering-Sorensen test. Information on BP was obtained by a questionnaire including lifetime prevalence of pain, pain in the last month, chronic pain and also pain diagnosis. Results were reported separately for boys and girls, in which the lower 25% and the higher 25% were compared to the middle 50%. The association between BME and BP was tested with multivariate logistic regression.

Quality assessment of articles on BME

The methodological quality scores were 67%, 78%, 78%, and 89% (Table 3c).

Table 3c. Methodological checklist objective 2

Ref numb.	Name of first author/year	Study sample	Data collection	Studied factors: TME	Back pain	Score and %
[71]	Andersen 2006	Y-Y	Y	Y-N-N	Y-Y-Y	7/9 78%
[70]	Bernard 2007	Y-N	Y	Y-N-N	Y-Y-NA	5/8 63%
[46]	Perry 2009	Y-N	Y	Y-Y-Y	Y-Y-Y	8/9 89%
[73]	Johnson 2009	Y-N	Y	Y-Y-N	Y-Y-Y	7/9 78%

Studied factor: Back muscle endurance

All the authors assessed BME with the Biering-Sorensen test, which has been reported to be a reliable and valid tool [81, 131].

Outcome Measure: Back pain

The definition of BP and method of assessment were always clearly defined. In all articles except one [70], the recall period was appropriate for at least one variable concerning BP. However, the aim of that article was in fact to compare a clinically

affected group of children with chronic LBP against a group of “normal” children. The recall period, therefore, did not appear to be of importance in this case.

Data Collection

The data on BME and BP were collected independently (blindly) by two different persons or at least by using a questionnaire in all studies.

Study sample

Although attempts were made to access children from the general population, in three of the studies representativeness was not explicitly addressed [46, 70, 73]. In the fourth study [71], although the target population was not representative of the general population, their sample was compared to another representative group and no difference was found in the physical fitness test between these two groups, meaning that their study sample had external validity, at least on this key variable.

Results for research question 2

In all four articles, an association was found between BME and BP (Table 3d). In three of these [46, 70, 71], it was reported that those with BP had a weaker BME compared to those without BP (Table 3d). In the fourth study [46], many associations were tested. In this study, only one (diagnosed BP) of four outcome variables (BP ever, one month prevalence, chronic back pain (CBP), diagnosed BP) was statistically significant for girls and not for boys. In the text, multivariate analysis is reported to have resulted in an increased likelihood of diagnosed BP in those with reduced BME as compared to the middle group. On the other hand, those with the greater BME, when compared to the middle group, were also found to be more likely to report diagnosed BP, i.e. indicating a U-curve for diagnosed BP.

Table 3d. The association between back muscle endurance in extension and back pain in people younger than 19 years as reported in four studies

Ref numb.	Name of first author/year	Design of study	Independent variable	Dependent variables listed in method	Dependent variables reported in result section	Association Trunk Muscle Endurance in extension and BP
[71]	Andersen 2006	CS	Time, obtained by Sorensen-Biering's test	LBP/MBP/NP < 1 month Age at 1 st BP Consequences	BP last month	YES, isometric endurance in the trunk muscle was negatively associated with back pain after adjusting for height and sex Odds ratio: Three upper quartiles Vs lowest quartile OR= 0.89 (95% CI, 0.78-1.02) OR= 0.78 (95% CI, 0.68-0.89) OR= 0.71 (95% CI, 0.62-0.82)
[70]	Bernard	RS	Time, obtained by Sorensen-Biering's test	CLBP Subgroup within control group with LBP	CLBP	YES, the endurance in back extensors were weaker in the CLBP group Sorensen Median(min-max) Control group, 2min31 (32s:10min2) CLBP 1min45 (25s:3min43)
[46]	Perry 2009	CS	Time, obtained by Sorensen-Biering's test	BP pain (without NP) Ever Month Chronic Diagnosed	BP pain Ever Month Chronic Diagnosed	NO for male Yes, for girls. Increased likelihood of diagnosed back pain was associated with reduced back endurance (OR= 2.05; 95% CI, 1.16-3.60) and greater back endurance (OR= 2.00; 95% CI, 1.10-3.60)
[73]	Johnson 2009	CS	Time, obtained by Sorensen-Biering's test of static muscular endurance	1-year BP Present BP	1-year BP Present BP	YES Patient without LBP had a significant higher isometric holding time than those with history of previous LBP and those with present LBP.

CS: cross-sectionnal study

RS: retrospective study

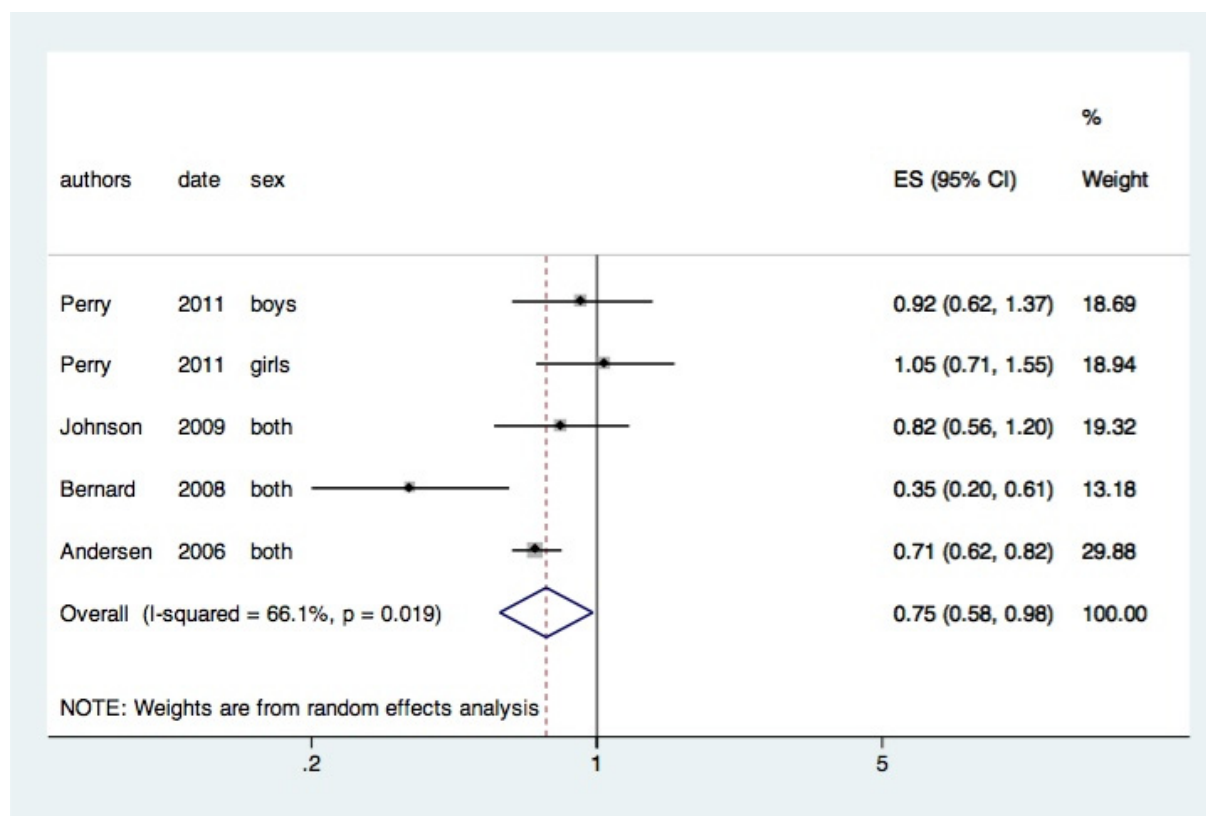
BMS: back muscle strength (in extension)

BP: Back pain

LBP: Low back pain

CLBP: Chronic low back pain

On this topic, in all articles, the data allowed us to perform a meta-analysis (Fig. 3b). A negative association was found between the BME and BP (OR=0.75, 95% CI 0.58-0.98). The I^2 was 66.1 % indicating a high heterogeneity between the studies. This can be explained by the fact that some articles divided their sample according to the sex of the participants and by the differences in the definition of back pain.

Figure 3b. Is muscular endurance in trunk extension associated with BP? Meta-analyses

Both= girls and boys

C. Is aerobic capacity associated with BP?

Description of studies of AC

The first of the three relevant articles for the third research question, relating to AC in general and BP, reports the results from a cross-sectional study performed by Andersen *et al.*[71], in which 9413 17-year olds were included (response rate: 41%). The aim was “to examine the association between physical fitness and self reported BP in adolescents”. AC was assessed by VO_{2max} measured with the help of a cycle ergometer. BP was self-reported and defined as the presence of pain in the last month, prior experience of BP and the location of the pain. Logistic regression was used to assess the association between BME and BP adjusting for sex, height and smoking.

The second article, Cardon *et al.* [72], describes a cross-sectional study in which 749 children aged 8 to 12 years were included (response rate: not reported). The aim of

this study was “to examine whether physical fitness, physical activity, and psychosocial determinants of physical activity are associated with reports of back or neck pain”. AC was assessed by a 20-m endurance shuttle run protocol. BP was evaluated with a questionnaire that defined BP based on the location of pain in the past week. It also included severity and frequency. Analysis of variance was used with age as a covariate to determine the association between AC and BP.

The third article for this research question, Perry *et al.* [46], also describes a cross-sectional study in which 1608 14-year olds were included (response rate: 69%). The aim of this study was to determine if physical fitness is related to increased risk of BP. The AC was assessed by sub-maximal cycle ergometry, using a specific protocol (PWC 170). Information on BP was obtained with a questionnaire that included lifetime prevalence of pain, pain in the last month, chronic pain and also pain diagnosis. Results were reported separately for boys and girls, in which the lower 25% and the higher 25% were compared to the middle 50%. The association between AC and BP was tested with multivariate logistic regression.

Quality assessment of articles on AC

The three articles had quality scores of 67%, 89%, and 89% (Table 3e).

Table 3e. Methodological checklist objective 3

Ref numb.	Name of first author/year	Study sample	Data collection	Studied factors: AC	Back pain	Score and %
[71]	Andersen 2006	N-Y	Y	Y-N-N	Y-Y-Y	6/9 67%
[72]	Cardon 2009	Y-N	Y	Y-Y-Y	Y-Y-Y	8/9 89%
[46]	Perry 2009	Y-N	Y	Y-Y-Y	Y-Y-Y	8/9 89%

Studied factor: Aerobic Capacity

All the authors clearly defined the tools used to evaluate AC and all but one [71] provided references about validity and reliability of their evaluation test.

Outcome Measure: Back pain

BP (and the way it was assessed) was clearly defined in all the articles. The recall periods were one month or less in all studies [71, 72], although Perry *et al.*[46] also used longer recall periods.

Data Collection

In all the studies, the data for BP were collected with a questionnaire and therefore the independent and dependent variables were collected separately.

Study sample

Attempts were made to access children from the general population in all three studies. As previously explained, in one of the studies [71] the results on the physical fitness tests were similar to those in a representative sample from another study. For the other two [46, 72] the final representativeness is unknown.

Results for research question 3

In all three articles, at least one association was reported between AC and BP (Table 3f). In two of the studies, results were reported separately for girls and boys with positive findings only for the boys [46, 72]. However, these two studies reported conflicting results as one study found a positive association [46] whilst the association was negative in the other [72]. In the third study [71], the association between AC and BP disappeared after adjustment for BME. Hence, the AC and BP may well be associated but it is unclear how, with the possibility that AC is but a proxy for BME. Meta-analysis was not performed for this research question because it was not possible to obtain the confidence intervals of all the odds ratios in the included articles.

Table 3f. The association between aerobic capacity and back pain in people younger than 19 years as reported in four studies.

Ref numb.	Name of first author/year	Design of study	Ind. VAR	Dependent VAR possible to use	D VAR used in result section	Association aerobic capacity and BP	
						male	female
[71]	Andersen 2006	CS	V0 ₂ max ergometer	LBP/MBP/NP < 1 month Age of 1 st BP Consequences	BP last month	Both sexes: YES, in bivariate analysis: best quartile Vs least quartile OR= 0.81 This association disappeared when adjusted for back trunk muscle endurance	
[72]	Cardon 2009	CS	Endurance shuttle run	LBP/DP/NP Last week Severity Frequency	Pain/no pain	Yes F (p) 4.1 (0.04)	No F (p) 0.3 (0.59)
[46]	Perry 2009	CS	Cycle ergometer	BP without NP Ever Month Chronic Diagnosed	BP without NP Ever Month Chronic Diagnosed	B	M
						Yes	No
						Yes	Yes*
						No	No
						No	No
HQR vs IQR: OR=1.53 (95%CI 1.08-2.17)*							

CS: cross-sectionnal study

BMS: back muscle strength (in extension)

BP: Back pain

LBP: Low back pain

DP: Dorsal pain

NP: Neck pain

B: Bivariate analysis

M: Multivariate analysis

HQR: 75% high quartile

IQR: Interquartile

F(p): difference between group (p-value)

Discussion

Summary of findings

To our knowledge, this is the first review to explore status of the literature on the associations between back problem and BMS in trunk extension, BME in trunk extension and AC, during childhood and adolescence. No association could be found between BMS in extension and BP. However, the current research suggests that the two other components, BME and possibly AC, have an association with BP. Results were relatively homogeneous between studies and, therefore, we did not interpret the findings in relation to the level of quality or methodological approach between the studies. It is important to note that in one article [46], four variables for BP were tested (ever/month/chronic/diagnosed) and a positive association was found for only one of these variables.

Methodological considerations of own review

As in all systematic reviews, it is possible that some articles were not captured, either through the search strategy or when selecting the final texts. However, we sought the help of a professional librarian for the search and we did a double-screening of titles and abstracts to limit this risk.

A specific checklist published in a previous study was used for the quality assessment but an emphasis could have been put on other issues, which might have changed our approach to this topic. Also, we studied only extension of the lumbar spine. Other directions of movement or other spinal areas could have resulted in other findings.

Methodological consequences of reviewed articles

Our systematic reviews were designed to determine an association and not causality. The reason for this was that the cross-sectional design of the included studies

does not make it possible to study causality between the physical factors and BP. For this, prospective studies are needed, and further, study subjects should be back pain-free at baseline. It is, therefore, not possible to determine the direction of events (if any) between the physical status and BP. Nevertheless, now that a statistical link has been established between BME and BP, it would be relevant to perform well-designed prospective studies, to investigate which precedes the other.

Another limitation was that none of the reviewed articles took into account the potential modifying effect of growth and physical development.

In the meta-analysis, the score of the I^2 is high (66%) and revealed a heterogeneity between the included studies (Fig. 3b). This heterogeneity could be explained by several factors such as differences in age, recall period and study sample. The validity of the results may hence be limited. On the other hand, if the outcome is apparent despite the differences between studies, this could indicate that the association is indeed solid across populations and definitions of variables.

Aerobic capacity seems to be linked with BP because the three included studies found at least one association. However, in the article [71], in which the results were adjusted on BME, this association disappeared after the adjustment. Unfortunately, the other studies did not adjust for this. It appears reasonable that BME and AC are two expressions of body build, in which case a genetic background may well be of interest.

A discussion of results in relation to other literature

Our results are in disagreement with a previous systematic review [74] in an adult population based on prospective studies, in which inconclusive evidence for a relationship between BMS and BP and strong evidence was noted that there is no relationship between BME and future LBP. As the time around puberty has been shown to be the period during which BP develops [11], it would be difficult to discover an

association between a real risk factor and BP if this link is confused by many other contributing factors later in life. In other words, even if prospective studies are carried out but the baseline population consists of adults, it is probably too late to develop incident BP, which could explain the lack of association in the adults.

On the other hand, if their observations hold true also in youngsters, a credible explanation would be a reversed cause, i.e. BP causes decreased BME and AC and not the opposite.

Conclusion

The present review revealed there to be no association between increased BMS in trunk extension and BP, whereas such an association was clearly present when testing for BME. When adding the results of the meta-analysis for the BME data, the previous findings were confirmed that there is a small but statistically significant protective effect of BME on BP. However, the association between AC and BP requires further studies to evaluate if there is a modifying or confounding link with BME.

List of abbreviations used

BP: Back pain, LBP: Low back pain, BMS: Back muscle strength, BME: Back muscle endurance, AC: Aerobic capacity, OR: Odds ratio

Competing interests

The authors declare that they have no conflicts of interest.

Authors' contributions

All the authors contributed to this systematic review. AL made the search in databases. AL and CLY reviewed the literature, selected and assessed the articles, and analysed the data. AL wrote the first draft. CLY and CLS provided critical comments for the subsequent drafts. All the authors reviewed the final manuscript and approved the final version.

Authors' information

Arnaud Lardon, DC, MSc, is PhD student at the University of Paris-Sud.

Charlotte Leboeuf-Yde, DC, MPH, PhD is Professor in Clinical Biomechanics at the University of Southern Denmark and a Visiting Professor at the University of Paris-Sud with a special interest in the epidemiology of back pain.

Christine Le Scanff, PhD, is Professor at the University of Paris-Sud and Director of the Doctoral School 456, with her area of expertise in sports sciences.

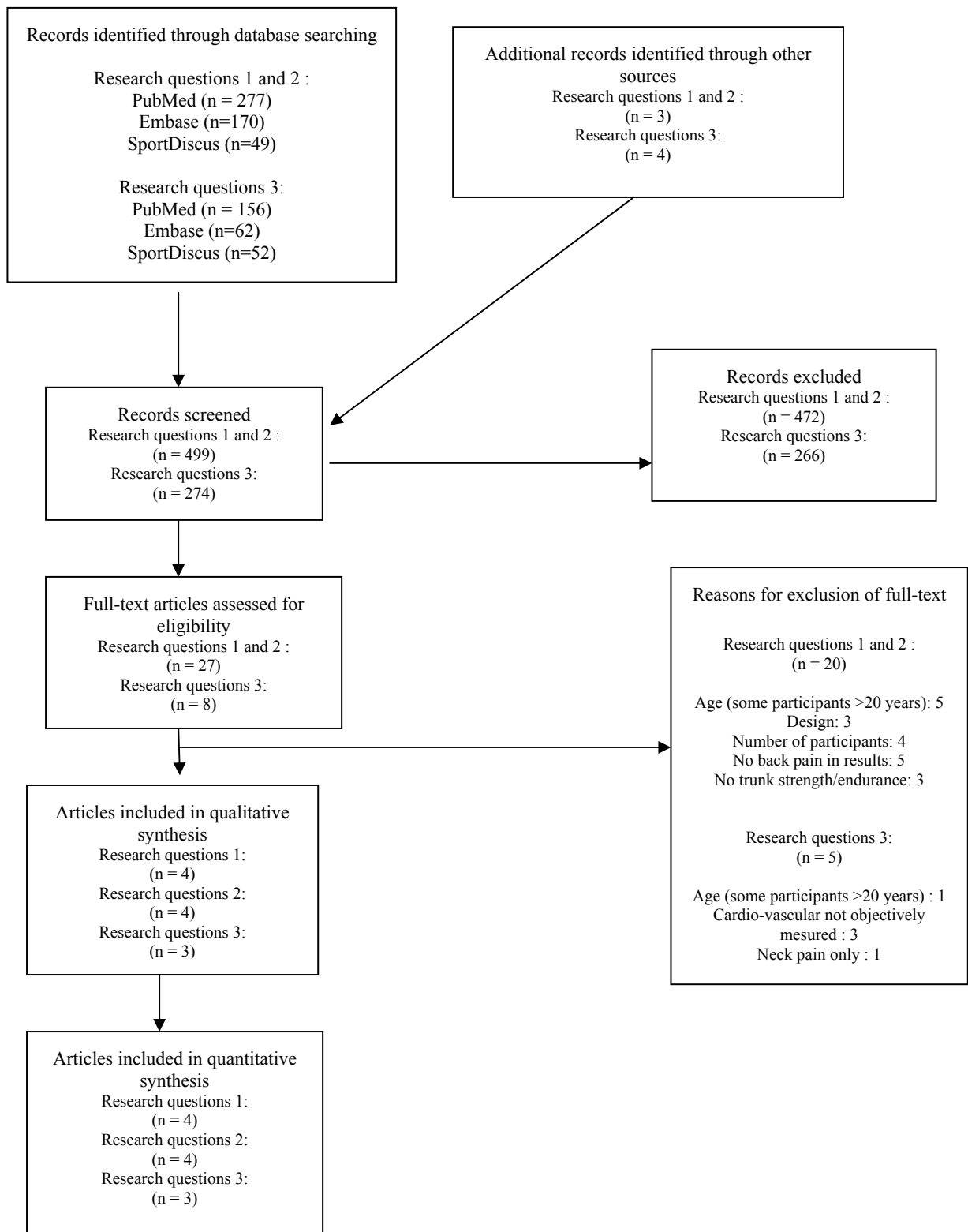
Acknowledgements

Laura Davies, PhD, for the language editing.

Annexe 1: Quality Checklist

1. Study sample	<ul style="list-style-type: none"> - Was the sampling likely to be suitable to obtain a group representative of the corresponding general population? - If participation at BL or at FU < 80% or unreported, was response bias investigated? 	
2. Data collection	<ul style="list-style-type: none"> - Data for BP and independent variable were collected independently by 2 different persons or by at least 1 questionnaire? 	
3. TMS, TME, AC	<ul style="list-style-type: none"> - Clearly defined? - Reference provided for validity of test? - Reference provided for reliability of test? 	
4. Back pain	<ul style="list-style-type: none"> - Clearly defined? - Description of how BP was assessed? - Recall period (<= 1 month)? 	
5. Stat. analysis	<ul style="list-style-type: none"> - Was there a positive association between independant and dependant variables ? 	
6. Multivariate analyses	<ul style="list-style-type: none"> - If yes, did this association remain after controlling for other relevant variables? 	
Score		

Figure 3a. PRISMA 2009 Flow Diagram



Présentation du projet Svendborg, analyses secondaires des données

L'étude CHAMPS-study DK

Faisant le constat de l'augmentation de la sédentarité chez les enfants de la région Danoise de Svendborg, les pouvoirs publics ont décidé en 2007 d'élaborer un programme visant à augmenter l'activité physique des enfants. Le but de ce programme est de limiter les conséquences possibles du mode de vie passif sur la santé des enfants. Une fois le programme en place, l'évaluation scientifique du programme nommé « The Childhood Health, Activity and Motor Performance School Study-Denmark » (The CHAMPS-study DK) a été confiée à un chercheur.

Sélection des participants à l'étude « CHAMPS »

Sur les dix-neuf écoles de la région, dix ont acceptées de participer, et dans six de ces écoles, un programme augmentant le niveau d'activité physique a été mis en place tandis qu'aucun changement n'a eu lieu dans les quatre autres écoles.

Les parents des enfants scolarisés dans les niveaux 0 (6-7 ans) à 4 (10-11 ans) en octobre 2008 dans les écoles ayant acceptées de participer au projet ont été consultés pour savoir si leurs enfants voulaient participer. Au total, sur les 1515 enfants scolarisés dans ces écoles, 1218 (taux de réponse : 80%) ont intégré le projet au début. L'étude est restée ouverte, de nouveaux enfants pouvaient entrer à tout moment ou le quitter.

L'accord du comité régional d'éthique a été obtenu avant le début du projet et le projet de recherche est aussi enregistré auprès de l'agence danoise de protection des données (ID S20080047). Les enfants et les parents des écoles ont été informés par écrit et invités à différentes rencontres au sein des différents établissements scolaires. Les parents des enfants volontaires pour participer ont fourni un consentement écrit. Les enfants avaient la possibilité de quitter le projet à tout moment. Il est possible de trouver les détails concernant la méthode dans une publication [132]

Rapport 3. Existe-t-il une association entre la composition corporelle, les capacités aérobies et les rachialgies?

Arnaud Lardon, Charlotte Leboeuf-Yde, Christine Le Scanff, Niels Wedderkopp

Introduction

Le mal de dos est un des troubles musculosquelettiques les plus fréquents [133]. Cette condition est responsable d'un grand nombre d'arrêts de travail ce qui entraîne un coût important pour la société [134]. Sachant qu'avoir rapporté des douleurs rachidiennes pendant l'adolescence est prédicteur de douleur de dos à l'âge adulte [16]; il est important de s'intéresser à cette période pour essayer d'en déterminer les causes possibles.

Histoire naturelle du mal de dos

D'après une étude transversale réalisée sur environ 35000 individus issus de la population danoise générale (de 20 à 71 ans), 43 % de ces personnes se sont plaint de lombalgie durant l'année précédente et 32 % de cervicalgies [133]. Selon d'autres études, ces troubles débutent tôt, durant l'enfance. Dans une étude longitudinale réalisée sur 771 enfants [9], un tiers des enfants de 9 ans et la moitié des adolescents de 15 ans rapportaient des douleurs du dos durant le mois qui précédait la récolte des données. La période de la puberté semble être très importante pour le développement de ces douleurs [11]. Il a d'ailleurs été montré qu'il existe quelques indices laissant supposer un lien de causalité entre la puberté et le mal de dos [126]. Durant cette période, le corps

est soumis à de nombreux changements, au niveau corporel, hormonal et psychologique qui peuvent expliquer cette augmentation de prévalence.

Composition corporelle

La composition corporelle est estimée à partir de la masse grasse et la masse maigre. Ces substances vont subir des modifications durant la puberté. Chez les jeunes filles au stade final de la puberté, une augmentation de la masse grasse a été mise en évidence [42]. Il semble que ce soit l'inverse chez le garçon adolescent pour lequel on retrouve une augmentation de la masse maigre ainsi qu'une diminution de la masse grasse dans le dernier stade pubertaire [43].

La relation entre la composition corporelle et le mal de dos a été étudiée en utilisant principalement l'indice de masse corporel (IMC) [45, 135-138]. L'indice de masse corporel est certes très utilisé, mais il présente une limite car deux personnes ayant un même IMC peuvent avoir une composition corporelle très différente. Par exemple, un jeune homme très musclé et un jeune homme en surpoids pourraient avoir un indice de masse corporelle équivalent [47].

Capacités physiques

Une comparaison des capacités physiques dans plusieurs pays (Australie, Belgique, Canada, Espagne, France, Grèce, Italie, Pays-Bas, Irlande du Nord et USA) a mis en évidence que les performances aérobies des enfants et adolescents avaient déclinées entre 1980 et 2000 [50]. Les effets de l'activité physique sur la santé sont multiples ; réduction de la masse grasse, réduction du niveau d'anxiété, amélioration de la force et de l'endurance musculaire [59]. La diminution des capacités physiques pourrait donc avoir une relation avec le mal de dos, par l'intermédiaire de ces différents facteurs.

Trois études transversales [46, 71, 72] ont exploré le lien possible entre la capacité aérobie et le mal de dos chez les enfants et adolescents. Une synthèse a été

réalisée dans une revue systématique (Lardon *et coll.* 2015, in press) qui montre des résultats discordants. En effet, dans une étude, l'association disparaît en ajustant les résultats en fonction de l'endurance musculaire [71], tandis que les deux autres études trouvent des résultats opposés. Cependant ces résultats n'ont pas été ajustés en prenant en compte l'endurance musculaire. Cardon et al. [72] trouvent que ce facteur a une association « protectrice » tandis que Perry et al. [46] ne trouvent pas d'action « protectrice » mais seulement une augmentation de la fréquence de blessure.

Interaction entre la composition corporelle et les capacités aérobies

La prévalence du surpoids et de l'obésité a fortement augmenté depuis le milieu des années 1960 jusqu'au début des années 2000 pour maintenant se stabiliser autour de 18% des jeunes en France [139]. Il a été montré que le pourcentage de masse grasse peut être diminué en augmentant le nombre de séances d'activité physique chez des enfants de 9 à 13 ans [63]. L'amélioration des capacités aérobies par une activité physique adaptée (augmentation des déplacements actifs, jeux extérieurs, promenade en famille) fait donc partie du plan d'action pour lutter contre le surpoids et l'obésité, et donc leurs conséquences sur la santé des enfants.

Problématique

Le lien entre les rachialgies chez les enfants et adolescent, et la composition corporelle n'a pas été exploré en utilisant les pourcentages de masse grasse ou de masse maigre évalués par imagerie (absorptométrie biphotonique), l'IMC étant encore la méthode la plus utilisée dans la littérature pour déterminer le lien entre la composition corporelle et le mal de dos.

Concernant les capacités aérobies, les données entre les différentes études sont contradictoires [46, 71, 72]. Enfin l'interaction des capacités physiques sur la relation entre la composition corporelle et le mal de dos n'a pas été testé. Si une association était mise en évidence cela pourrait permettre de mettre en place une prévention primaire sur le développement du mal de dos chez l'enfant et l'adolescent.

Objectifs

Pour répondre aux objectifs, une base de donnée issue d'une expérimentation en milieu naturel a permis d'étudier :

1. a. s'il existe une association entre la composition corporelle et les rachialgies.
b. s'il existe une association entre les capacités aérobies et les rachialgies.
2. s'il existe une interaction entre la composition corporelle et les capacités aérobies en relation des rachialgies.

Design :

Cette étude prospective utilise des données issues du projet Svendborg (de septembre 2010 à juin 2011). Les variables indépendantes ont été collectées une fois en septembre 2010 tandis que celles concernant les rachialgies ont été collectées de façon prospective hebdomadairement durant l'année scolaire.

Méthode

Echantillon

Sélection des participants pour les questions de recherche

Pour répondre à ces objectifs, un sous groupe d'enfants âgés de 9 à 13 ans a été sélectionné qui correspond aux enfants pour qui une absorptiométrie à rayons X biphotonique (DXA) a été réalisée (septembre 2010). Cet examen permet d'obtenir la composition corporelle (pourcentage de masse grasse et pourcentage de masse maigre).

Collection des données

Variables indépendantes

Composition corporelle

La composition corporelle a été mesurée par la méthode DXA (GE Lunar Prodigy, GE Medical Systems, Madison, WI, USA), ENCORE software (version 12.3, Prodigy, Lunar Corp, Madison, WI, USA) selon un protocole standardisé. L'examen durait en moyenne cinq minutes durant lesquelles les participants devaient rester immobiles, couchés sur le dos en sous-vêtement recouvert avec une couverture. Les pourcentages de masse grasse et de masse maigre ont été calculés pour chaque participant à partir de l'équation $((\text{Masse grasse/maigre (g)} \times 100) / \text{poids (g)})$ par cette méthode.

Capacité aérobie

Les capacités aérobies ont été mesurées par le test d'endurance d'Andersen; un test de course à pied qui s'est montré valide pour ce groupe d'âge [140]. Les résultats de ce test sont rapportés comme la distance totale (en mètre) parcourue par chaque enfant. Ce test se déroule sur la moitié d'un terrain de handball d'une longueur de 20 mètres, sur lequel les enfants font des allers retours. Les enfants courent aussi vite que possible durant 15 secondes, puis s'arrêtent les 15 secondes suivantes, puis repartent pour 15 secondes et ainsi de suite durant 10 minutes.

Variable dépendante : douleur rachidienne

Durant dix mois (septembre 2010 à juin 2011), chaque semaine (à l'exception des semaines de vacances de Noël), un message par téléphone portable (SMS) a été envoyé aux parents pour leur demander si leur enfant avait souffert du dos dans la semaine précédente -rachis cervical, dorsal ou lombaire- (oui/non), mais sans préciser la zone. Des rappels ont été envoyés automatiquement au bout de 72 heures et de 120 heures en cas de non réponse. Chaque fois que les parents rapportent une douleur, nous le comptons comme un épisode douloureux.

Variables extrinsèques : âge, sexe

L'âge et le sexe font partis des données personnelles obtenues par les numéros d'identité.

Analyse des données

Les données ont été analysées avec le logiciel STATA.12® (StataCorp, Texas, USA). Concernant les rachialgies, la prévalence des douleurs sur les 10 mois a été prise en compte. Les autres informations pertinentes pour cette étude, âge, sexe, composition corporelle, capacités aérobies, seront présentées dans un tableau décrivant la population de l'étude (Tableau 4a). Une comparaison entre les enfants pour lesquels des données sont manquantes et ceux pour lesquels les données sont complètes a été effectuée par le test de Wilcoxon Mann Witney.

Une régression logistique multivariée à effet mixte a été utilisée pour déterminer s'il existait une interaction des classes au sein d'une même école, entre elles ou entre les écoles. Si une interaction est trouvée, cette variable sera ajoutée dans le modèle logistique multivarié.

Il a ensuite été effectué les analyses bivariées (régression logistique) entre la composition corporelle (pourcentage masse grasse et pourcentage masse maigre) et la

présence des douleurs rachidiennes ainsi qu'entre les capacités aérobies et la présence de douleurs de dos. Ces analyses ont aussi été effectuées en stratifiant en fonction de l'âge et du sexe des participants. Le mal de dos est une variable binaire, tandis que les pourcentages de masse maigre et grasse, ainsi que les capacités aérobies sont des variables continues.

Dans le but de déterminer si une interaction existe entre la composition corporelle et les capacités aérobies en relation avec le mal de dos, une régression logistique multivariée a été réalisée en entrant chaque variable une à une en fonction de l'âge et du sexe.

Résultats

Données descriptives

Au total 674 enfants ont participé à cette étude parmi lesquels 346 filles (51 %), âgées de 9.7 à 13.3 ans, et 328 garçons (49%) âgés de 9.3 à 13.5 ans. Le test d'Andersen a été effectué par 558 élèves. Au total 538 élèves ont participé aux 2 tests, ce qui donne un taux de participation pour l'analyse multivariée de 80%. Une description complète des données est disponible dans le tableau 4a.

Il n'existe pas de différence entre les 538 élèves pour lesquels les données sont complètes et les 136 pour lequel il y a au moins une donnée manquante, les populations ne sont pas différentes sur les facteurs testés (Tableau 4b).

Variables dépendantes : rachialgies

Cent soixante dix enfants (25%) ont rapportés au moins un épisode douloureux durant la période de suivi: 82 (12%) ont rapportés un seul épisode, 32 (5%) ont rapporté deux épisodes et six enfants ont rapportés plus de 30 épisodes douloureux (Fig.4a).

Tableau 4a. Description des variables selon les âges

Age		Filles (18)	Garçons (22)	Total (40)
9	Aerobic Fitness (m) Min/Max Mean (SD), median	831-1070 927.6 (78.3) 918	750-1193 991.2 (96.9) 990	750-1193 963.6 (93.6) 968
	Lean mass (g) Min/Max Mean (SD), median	20376.7-30286.7 24347.8 (2895.4) 24079.7	22273.3-32585.6 26518.3 (2768.5) 25820.3	20376.7-32485.6 25579.7 (2989.9) 25533.63
	Fat mass (g) Min/Max Mean (SD), median	4374.3-23388.1 9321.6 (5473.1) 7241.8	2849.8-18597.2 7406.7 (3609.2) 6001.5	2849.8-23388.1 8234.8 (4543.4) 7099.1
	Lean % Min/Max Mean (SD), median	56.3-78.8 70.6 (6.5), 72.8	61.2-86.2 75.7 (6.5), 76.4	56.3-86.2 73.5 (6.9), 74.1
	Fat % Min/Max Mean (SD), median	15.7-41.8 24.8 (7.8), 22.5	9.7-35.2 20.1 (6.7), 18.2	9.7-41.8 22.1 (7.5), 21.1
Age		Filles (110)	Garçons (110)	Total (220)
10	Aerobic Fitness (m) Min/Max Mean (SD), median	280-1120 905.5 (124.7) 930	641-1221 1005.2 (110.1) 1034	280-1221 954.8 (127.6) 964
	Lean mass (g) Min/Max Mean (SD), median	18687.3-37195.1 25587.1 (3789.5) 24896.5	21032.7-36332.2 28065.2 (3447.2) 27826.8	18687.3-37195.1 26820.2 (3821.9) 26555.5
	Fat mass (g) Min/Max Mean (SD), median	2010.1-24091.4 9977.2 (4850.3) 8827.1	1756.8-22572.9 7514.2 (4627.9) 6042.3	1756.8-24091.4 8751.5 (4888.1) 7112.9
	Lean % Min/Max Mean (SD), median	53.2-87.9 70.4 (7.4), 71.3	54.2-92.1 77.5 (8.1), 79.4	53.2-92.1 73.9 (8.5), 75.5
	Fat % Min/Max Mean (SD), median	8.1-45.1 25.5 (7.7), 24.5	6.9-39.9 18.9 (8.1), 16.5	6.9-45.1 22.2 (8.5), 20.5
Age		Filles (122)	Garçons (107)	Total (229)
11	Aerobic Fitness (m) Min/Max Mean (SD), median	160-1130 961.4 (132.2) 988	796-1248 1060.6 (94.8) 1078	160-1248 1009.2 (125.7) 1019
	Lean mass (g) Min/Max Mean (SD), median	14012.3-43406.1 28910.6 (4352.5) 28743.9	21850.3-44500.1 30383.8 (3768.2) 30370.6	14012.2-44500.1 29626.9 (4135.9) 29570.9
	Fat mass (g) Min/Max Mean (SD), median	2889.5-29480.2 10557.8 (4863.3) 9776.8	2249.7-25797.2 7785.6 (4016.5) 6994.1	2249.7-29480.2 9209.9 (4672.5) 8057.1
	Lean % Min/Max Mean (SD), median	41.1-88.8 71.6 (8.1), 72.5	61.9-91.3 77.9 (7.1), 78.8	41.1-91.3 74.7 (8.3), 75.2
	Fat % Min/Max Mean (SD), median	8.3-46.3 24.6 (7.6), 23.7	7.9-35.3 18.7 (7.1), 17.6	7.9-46.3 21.7 (7.8), 20.9
Age		Filles (95)	Garçons (83)	Total (178)
12	Aerobic Fitness (m) Min/Max Mean (SD), median	520-1185 1002.7 (107.8) 1026	840-1254 1075.5 (95.1) 1088	520-1254 1037.8 1048
	Lean mass (g) Min/Max Mean (SD), median	23543.2-4613.1 32096.3 (4753.8) 31919.2	26315.9-62897.5 35107.2 (6023.4) 33809.7	23543.2-62897.5 33504.9 (5576.2) 32677.2
	Fat mass (g) Min/Max Mean (SD), median	3556.5-30437.8 10935.9 (5122.5) 9579.5	2568.3-32984.1 9406.2 (6060.1) 7248.1	2568.3-32984.1 10220.3 (5616.4) 8856.7
	Lean % Min/Max Mean (SD), median	56.4-88.5 73.1 (7.1), 74.5	57.1-94.2 78.4 (8.7), 79.9	56.4-94.2 75.6 (8.3), 76.6
	Fat % Min/Max Mean (SD), median	10.9-41.9 23.4 (6.6), 21.2	5.4-43.6 19.1 (8.4), 16.9	5.4-43.6 21.4 (7.8), 20.3
Age		Filles (1)	Garçons (6)	Total (7)
13	Aerobic Fitness (m) Min/Max Mean (SD), median	Missing value	877-1123 1037.5 (92.7) 1058	877-1123 1037.5 (92.7) 1058
	Lean mass (g) Min/Max Mean (SD), median	25942.4	32067.8-45914.2 36128.8 (5290.7) 34733.6	25942.4-45914.2 34673.6 (6176.6) 32767.4
	Fat mass (g) Min/Max Mean (SD), median	4585.6	4328.5-20793.9 11827.3 (6668.5) 11822.5	4328.5-20793.9 10792.8 (6674.5) 10419.2
	Lean % Min/Max Mean (SD), median	80.8	65.1-91.1 76.6 (10.7), 72.1	65.1-91.1 77.2 (9.9), 73.4
	Fat % Min/Max Mean (SD), median	14.3	10.2-34.4 22.4 (9.4), 25.1	10.2-34.4 21.3 (9.2), 23.5

Tableau 4b. Caractéristiques des participants durant la période de l'étude

Variables : moy. (SD)	n	Participants avec données complètes	n	Participants avec données incomplètes	Z (p)
Gender Filles/garçons n(%)	538	269 (50)/269 (50)	136	77 (57)/59 (43)	
Age (années) Min/max	538	11.3 (0.9) 9.3-13.5	136	11.3 (0.9) 9.7-13.4	0.66 (0.51)
Taille (cm) Min/max	538	149.9 (8.5) 130-185	96	150 (9.1) 132-181.5	-0.12 (0.9)
Poids (kg) Min/max	538	40.2 (8.2) 25.2-71.2	96	39.5 (9.3) 23.9-79.5	-1.21 (0.22)
% masse grasse Min/max	538	22 (8.1) 5.4-46.3	96	21 (7.7) 7.5-39.4	-1.09 (0.27)
% masse maigre Min/max	538	74.4 (8.3) 41.1-94.1	96	75.7 (7.7) 56.8-90	1.39 (0.16)
Capacités aérobies (m) Min/max	538	997.2 (125.2) 160-1254	20	970.7 (102.3) 720-1162	-1.47 (0.14)

Z (p) est le résultat du test de Wilcoxon-Mann-Whitney utilisé car la distribution des variables n'étaient pas normale (testée par le test de Shapiro-Wilk).

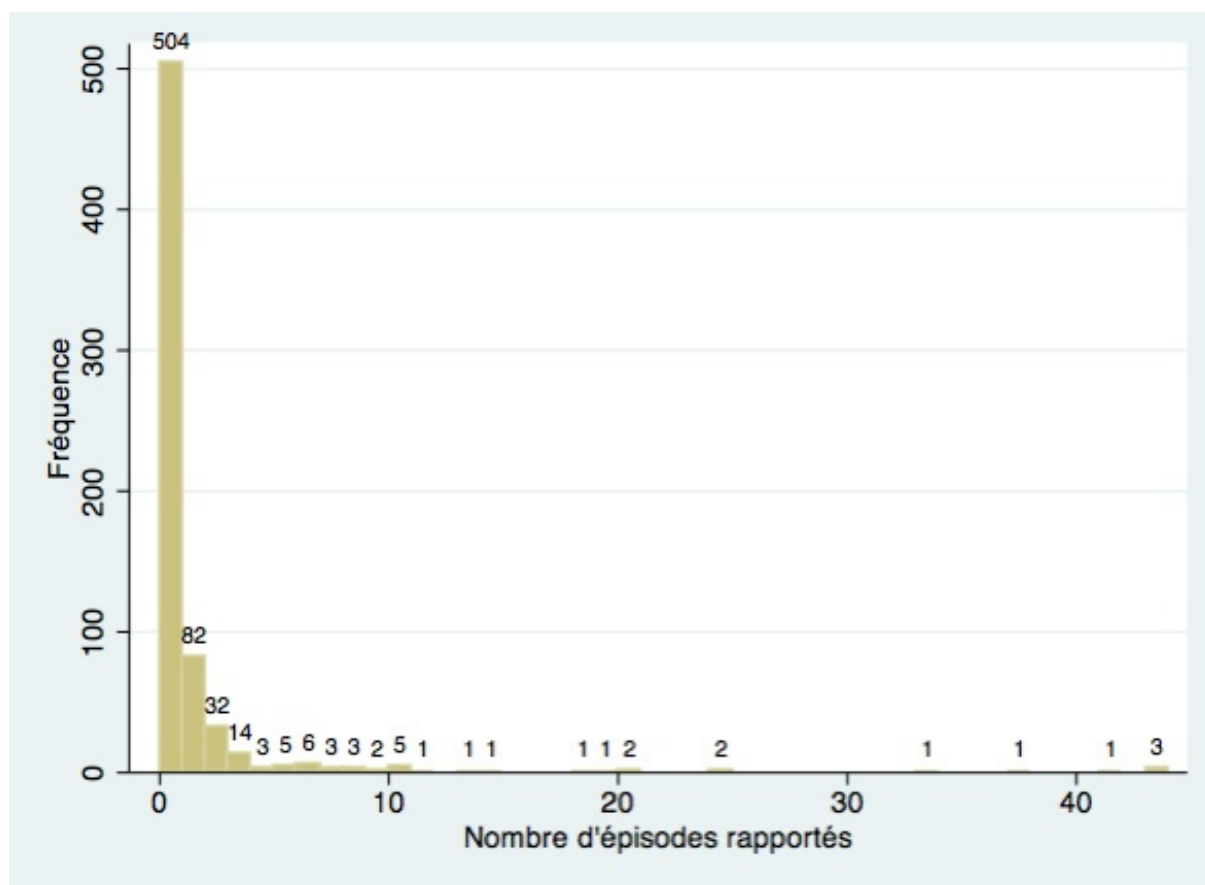


Figure 4a. Nombre d'épisodes rapportés sur une période de 10 mois par des enfants de 9 à 13 ans

Variables indépendantes : composition corporelle et capacités aérobies

Les moyennes de pourcentage de masse grasse et de masse maigre pour l'échantillon total sont respectivement de 21.8% (écart-type 8.02) et de 74.6% (écart-type 8.3). Concernant les capacités aérobies, la distance moyenne parcourue par l'ensemble de l'échantillon au test d'endurance d'Andersen est de 996.3 mètres (écart-type 124.4). Le tableau 1 montre ces variables en détails par tranche d'âge et par sexe.

Association entre la composition corporelle et les rachialgies (Tableau 4c)

Aucune association n'est retrouvée entre les masses grasses (OR=1.01, 95% CI 0.99-1.04), et le mal de dos pour l'ensemble de l'échantillon ; les résultats sont similaires concernant la relation entre les masses maigres et le mal de dos (OR=0.98, 95%CI 0.97-1.01) (Tableau 4c). Aucune association n'est retrouvée en effectuant la même analyse en dissociant l'échantillon selon les sexes (Tableau 4c).

En répétant cette opération selon les classes d'âge, une seule association est trouvée concernant la masse grasse pour les enfants de 9 ans (OR=0.93 95%CI 0.86-0.99), tous les autres résultats étant statistiquement non significatif. Cependant en ajustant ce résultat par le sexe ce résultat devient lui aussi statistiquement non significatif (OR=0.87, 95%CI 0.72-1.04).

Association capacités aérobie et rachialgies

Pour l'ensemble de l'échantillon aucune association n'est trouvée entre les rachialgies et les capacités aérobies (Tableau 4c). C'est aussi le cas en stratifiant l'échantillon par l'âge et le sexe (Tableau 4c).

Interaction composition corporelle et capacités aérobies en relation avec les rachialgies

Aucune interaction n'a été retrouvée entre la composition corporelle et les capacités aérobies en relation du mal de dos.

Tableau 4c. Résultats des régressions logistiques univariées concernant l'association entre la composition corporelle, les capacités aérobies et le mal de dos

Association pourcentage masse grasse-rachialgies, OR (95%CI)							
Filles	Garçons	9 ans	10 ans	11 ans	12 ans	13 ans	Total
1.002 (0.98-1.02)	1.02 (0.98-1.06)	0.93* (0.86-0.99)	1.03 (0.99-1.07)	1.02 (0.98-1.05)	1.01 (0.98-1.05)	1.03 (0.91-1.18)	1.02 (0.99-1.04)
Association pourcentage masse maigre-Rachialgies, OR (95%CI)							
Filles	Garçons	9 ans	10 ans	11 ans	12 ans	13 ans	Total
0.99 (0.97-1.03)	0.98 (0.95-1.02)	1.05 (0.99-1.12)	0.97 (0.93-1.01)	0.98 (0.96-1.01)	0.99 (0.96-1.02)	0.94 (0.83-1.07)	0.98 (0.97-1.01)
Association capacité aérobie-Rachialgies, OR (95%CI)							
Filles	Garçons	9 ans	10 ans	11 ans	12 ans	13 ans	Total
0.999 (0.998-1.002)	0.999 (0.996-1.002)	1.003 (0.999-1.008)	0.998 (0.996-1.001)	0.999 (0.996-1.001)	0.99 (0.997-1.002)	-	0.999 (0.998-1.001)

* résultat statistiquement significatif

Discussion

Cette étude semble être la première qui explore le lien entre la composition corporelle et le mal de dos chez les enfants en utilisant la technique d'absorptiométrie biphotonique. Nous n'avons pas mis en évidence d'association entre la composition corporelle, les capacités aérobies et la prévalence du mal de dos chez ces enfants. Aucune interaction entre la composition corporelle et les capacités aérobies en relation avec les rachialgies.

Confrontation avec les données de littérature existantes

Ces résultats semblent contradictoires avec ceux d'une méta-analyse publiée en 2013 [141], qui a mis en évidence l'existence d'une association entre le surpoids et la prévalence des lombalgies durant l'enfance (Risque Relatif: 1.42, intervalle de confiance à 95% étant de 1.03-1.97), mais avec un faible niveau de preuve. Notre étude explore le lien entre le mal de dos en général et la composition corporelle, évaluée en pourcentages de masse grasse et de masse maigre, chez des enfants âgés de 9 à 13 ans. La méta-analyse, quant à elle, se concentre sur les douleurs du rachis lombaire tout en utilisant l'IMC pour déterminer la composition corporelle chez des participants dont l'âge varie entre 2 et 18 ans. Les résultats contradictoires peuvent donc être expliqués par ces différents paramètres (différence de mesure, définitions de mal de dos différentes et âges différents).

Concernant l'association entre les capacités aérobies et le mal de dos, une revue systématique (Lardon *et coll.* 2015 in press) a mis en évidence des résultats discordants concernant cette association. Cette revue a identifié trois articles à ce sujet, le premier ne rapportant aucune association [71], le second une association négative[72] et le dernier une association positive[46], donc, si l'on ajoute notre étude, deux études sur quatre, ne trouvent aucune association entre les capacités aérobies et le mal de dos.

Explications des résultats de l'étude

Cette absence d'association entre la composition corporelle chez ces jeunes pourrait s'expliquer par le fait que ce soit d'autres facteurs qui soient responsables de l'augmentation de prévalence des douleurs rachidiennes durant la période pubertaire dont la poussée de croissance, l'endurance musculaire, les changements hormonaux.

Cependant, une autre étude a montré que l'IMC était associé avec à l'intensité douloureuse chez des jeunes, de 10 à 18 ans, avec des lombalgies non spécifiques [136]. Une association positive a aussi été mise en évidence chez les adultes [91]. Il est donc possible que si la composition corporelle n'est pas associée à la prévalence des rachialgies, elle l'est avec l'intensité des douleurs rachidiennes.

Considération méthodologique

Les enfants qui ont été sélectionnés pour cette étude étaient âgés de 9 à 13 ans. La majorité d'entre eux n'étaient donc pas encore en fin de puberté. Hors, c'est particulièrement lors du dernier stade pubertaire que la composition corporelle est modifiée, avec l'augmentation de masse maigre chez les jeunes hommes[43] et de masse grasse chez les jeunes filles [42]. Il est donc possible que l'association que l'on pensait observer soit présente qu'après 14 ans.

L'échantillon, qui provient de dix écoles différentes, est probablement représentatif de la population générale Danoise équivalente de cet âge. De plus, le taux de participation élevé (80%) [132], limite le biais de non participation.

La méthode de récolte des variables indépendantes (composition corporelle et capacités aérobie) représente un point fort de notre étude car l'absorptiométrie biphotonique permet de faire la distinction entre la masse grasse et la masse maigre de façon objective. De plus, le test d'Andersen a été validé comme un test spécifique pour les efforts d'endurance cardio-vasculaire chez des enfants [140].

Dans cette étude, la récolte des données concernant le mal de dos ne faisait pas de distinction entre le rachis cervical, le rachis dorsal et le rachis lombaire. Donc ce n'était pas possible d'effectuer des analyses distinguant les différentes parties rachidiennes. Cependant, la récolte par courts messages textuels (SMS) hebdomadaires a permis d'obtenir un taux de réponse élevé (>93% chaque semaine)[132]. D'après les recommandations [8], la période de remémoration a été limitée dans notre étude. Le mal de dos chez les enfants n'étant pas commun et étant de courte durée à cet âge [7], il est difficile d'obtenir des informations fiables sur les épisodes douloureux puisque quand les données sont collectées rétrospectivement, la période de rappel est souvent longue (prévalence à vie, ou annuelle). Le suivi prospectif sur 10 mois, en utilisant des SMS chaque semaine, a permis de limiter la possibilité de mauvaise classification.

Conclusion

Selon notre étude, la composition corporelle et les capacités aérobies ne sont pas associées au mal de dos chez les enfants de 9 à 13 ans. Si de prochaines recherches sont entreprises sur ce sujet, il sera important d'inclure dans l'échantillon des jeunes dans le stade final de puberté ainsi que d'utiliser d'autres aspects de douleurs que seulement la présence de douleur.

Discussion générale

Partie 1. Réponses aux hypothèses

Cette thèse, par le biais de deux revues systématiques et d'une étude prospective, a permis d'explorer les facteurs prédictifs de douleurs rachidiennes chez les enfants et les adolescents. Elle est particulièrement centrée sur la période pubertaire qui est importante dans le développement des douleurs rachidiennes avec une prévalence en fin de développement pubertaire similaire à celle décrite à l'âge adulte.

Douleurs rachidiennes et puberté

Nous avons tout d'abord émis l'hypothèse qu'il existe un lien de causalité entre la puberté et les douleurs rachidiennes. A travers une revue systématique et critique de la littérature, la première revue portant sur ce sujet, nous souhaitons déterminer s'il était possible de mettre en évidence la présence ou l'absence de critères de causalité tels qu'ils furent décrits par Bradford-Hill. Parmi les neuf critères de causalité décrits six ont été évalués [23].

De ces six critères, la plausibilité biologique et la cohérence sont deux critères théoriques qui jaugent la pertinence scientifique de l'hypothèse. Existe-t-il des arguments théoriques laissant penser qu'il existe un lien de causalité entre ces deux variables ? Est-ce que ces arguments sont acceptables au regard des connaissances actuelles ? Comme nous l'avons vu dans la partie théorique, il existe plusieurs arguments en faveur de l'existence d'un lien de causalité. En effet, la prévalence des douleurs de dos augmente durant la période pubertaire. Cette augmentation pourrait être secondaire aux différents changements se produisant au cours de cette période (hormonaux, morphologiques, comportementaux ou psychologiques). Les connaissances scientifiques actuelles supportent ces deux critères [11, 36].

Quatre articles rapportant les résultats de cinq études ont pu être inclus dans notre revue de littérature. Ces cinq études nous ont permis de vérifier la présence de quatre autres critères de causalité : la force de l'association, la stabilité de cette association, l'effet dose-réponse et la temporalité. L'observation des rapports de cote (OR) comparant les adolescents en fin de puberté (stade 4) par rapport aux enfants n'ayant pas encore commencé leur développement pubertaire (stade 1), montre une force d'association faible à forte (les ORs variant entre 2,4 et 7,99). La stabilité de l'association peut être considérée comme forte car plus de 75% des études obtiennent des résultats similaires [24]. En effet, les cinq études rapportaient une association entre la puberté et le mal de dos. Cependant, dans une de ces études l'association n'était statistiquement significative que pour les garçons. Toutes les études ont montré que la prévalence de douleurs de dos, rapportée par les enfants et les adolescents, augmentait en fonction de l'augmentation du stade pubertaire ce qui confirme le critère concernant la relation dose-réponse. Enfin, deux études longitudinales ont aussi permis d'évaluer le critère de temporalité. Ces deux études n'ont pas exploré le statut de douleurs rachidiennes des enfants participants à l'inclusion. Il n'est donc pas possible de savoir si les enfants avaient déjà eu des douleurs dans le passé, ce qui ne permet pas de savoir si la cause (le stade pubertaire) précède bien la conséquence (les douleurs rachidiennes).

Pour conclure, cinq des six critères explorés ont été confirmés. Seule la temporalité, pourtant essentielle pour établir un lien de causalité, n'a pas pu l'être par la littérature. Même s'il n'est pas encore possible d'affirmer de façon certaine son existence, plusieurs critères semblent appuyer notre hypothèse de départ du lien de causalité entre puberté et douleurs rachidiennes. Il faudra cependant explorer de nouveau le critère de temporalité pour la confirmer. De plus, seul un article rapportant les résultats de deux études longitudinales a pu être utilisé pour déterminer si le statut

pubertaire au début de l'étude est un prédicteur de douleur de dos chez les adolescents [110]. Ces deux études, réalisées sur deux populations différentes (l'une américaine et l'autre allemande), ont permis de mettre en évidence que plus le statut pubertaire à l'évaluation initiale était élevé et plus le risque de rapporter des douleurs rachidiennes deux ou trois années plus tard était élevé. Il semble donc que le statut pubertaire soit bien un facteur prédictif de douleur de dos chez le jeune.

Douleurs rachidiennes et force musculaire

Le deuxième objectif de la thèse était de déterminer si la force musculaire en extension du tronc était associée aux douleurs rachidiennes rapportées par les enfants et les adolescents. Une revue systématique et critique de la littérature a permis d'infirmier cette hypothèse.

Seules quatre études transversales ont exploré s'il existait bien un lien entre ces deux facteurs. Aucune de ces études n'a rapporté d'association entre la force musculaire en extension et les douleurs rachidiennes. Bien que notre revue soit la première à déterminer ce lien chez les enfants et les adolescents, il existe une autre revue systématique et critique de littérature faite sur les adultes dont l'un des objectifs était de déterminer si une faible force musculaire est un prédicteur de lombalgies au travail [74]. Dans leur conclusion, les auteurs de cette revue de littérature expliquent que les études incluses présentent des résultats contradictoires et que par conséquent il n'est pas possible de se prononcer sur la relation entre ces deux facteurs. Notre revue de littérature a donc apporté un élément nouveau puisqu'elle a mis en évidence que les résultats des quatre études réalisées sur les enfants et les adolescents sont convergents et ne trouvent aucune association entre la force musculaire en extension du tronc et les douleurs rachidiennes chez les jeunes.

Douleurs rachidiennes et endurance musculaire

Le troisième objectif de la thèse était de déterminer s'il existait une association entre l'endurance musculaire en extension du tronc et les douleurs rachidiennes chez les enfants et adolescents. Une méta-analyse a permis de confirmer notre hypothèse selon laquelle une bonne endurance musculaire était un facteur protecteur de douleur rachidienne. Quatre études ont été incluses dans cette revue et toutes ont trouvé une association entre l'endurance musculaire et les douleurs rachidiennes pour au moins une de leurs variables concernant le mal de dos (certaines études ayant plusieurs variables possibles : prévalence au moment de l'étude, prévalence d'un mois, d'une année, prévalence à vie ou encore rachialgie diagnostiquée). Nous avons décidé d'inclure dans la méta-analyse les données dont la prévalence était datée de moins d'un mois, pour éviter le biais associé au rappel des épisodes précédents. Cette méta-analyse a permis de mettre en évidence qu'il existe une association négative statistiquement significative ($OR=0,75$, $IC95\%$ 0,58-0,98) entre l'endurance musculaire en extension et les douleurs rachidiennes rapportées par les enfants et adolescents. Cependant toutes ces études sont transversales et il n'est, par conséquent, pas possible de savoir si l'endurance musculaire est un facteur prédictif de douleurs rachidiennes.

Une seule revue de littérature portant sur la relation entre l'endurance musculaire et les lombalgies a été identifiée [74]. Les auteurs de cette revue concluent qu'il existe un bon niveau de preuve concernant l'absence de relation entre ces deux facteurs dans une population adulte. Cependant, les articles inclus dans cette revue de littérature ont été publiés avant décembre 2005. Les articles inclus dans notre méta-analyse étudiaient cette relation chez les enfants et adolescents et ont tous été publiés après 2005. De ce fait, cette méta-analyse apporte une information nouvelle concernant

l'existence d'une association entre une faible endurance musculaire et l'augmentation de la fréquence du mal de dos chez les jeunes.

Douleurs rachidiennes et capacité aérobie

Le quatrième objectif de la thèse était de déterminer s'il existe une association entre les capacités aérobies et les douleurs rachidiennes. Pour répondre à cet objectif, nous avons d'abord réalisé une revue de littérature, puis analysé une base de données issue d'une étude longitudinale réalisée au Danemark. Ces deux études ont permis d'infirmer l'hypothèse selon laquelle il existerait une association entre ces facteurs.

Dans le cadre de cette revue de littérature, nous avons identifié trois articles explorant la relation entre les capacités aérobies et les douleurs rachidiennes. Ce travail ne permet pas de conclure concernant cette association car ces trois études trouvent des résultats divergents. La première ne montre aucune association après avoir contrôlé les résultats par l'endurance musculaire [71], la seconde suggère au contraire qu'une bonne capacité aérobie est un facteur de protection vis-à-vis du mal de dos [72] et la dernière montre qu'une bonne capacité aérobie augmente le risque de rapporter des douleurs rachidiennes [46]. Pour toutes ces raisons, nous avons décidé d'utiliser la base de donnée issue du projet Svendborg afin d'améliorer les connaissances sur cette hypothétique association. Notre analyse n'a pas permis de mettre en évidence l'existence d'une association entre la capacité aérobie et le mal de dos dans une population de 664 enfants âgés de 9 à 13 ans. Les données probantes actuelles semblent donc montrer qu'il n'existe pas d'association entre les capacités aérobies et les douleurs rachidiennes chez les enfants et les adolescents.

Douleur rachidienne et composition corporelle

Le cinquième objectif de la thèse était de déterminer s'il existe une association entre la composition corporelle et les douleurs rachidiennes. Une étude longitudinale, réalisée au Danemark, a permis d'infirmer notre hypothèse selon laquelle il existerait une association entre la composition corporelle et les douleurs rachidiennes. C'est la première étude qui explore cette association en utilisant l'absorptiométrie biphotonique comme outil de mesure du pourcentage de masse grasse et de masse maigre. Jusqu'à présent, la composition corporelle était évaluée par le calcul de l'indice de masse corporelle (IMC) qui présente des limites puisque deux personnes ayant un IMC identique peuvent avoir une composition corporelle très différente [47].

Une revue systématique publiée en 2009 a identifié deux articles de bonne qualité évaluant l'association entre la composition corporelle et les douleurs rachidiennes dans lesquels la composition corporelle était évaluée par l'IMC [123]. Aucun de ces articles n'a mis en évidence une association entre ces facteurs. Plus récemment, en 2015, une étude longitudinale dans laquelle environ 4500 enfants japonais (entre 9 et 14 ans) ont été suivis, montre que l'IMC est associé aux douleurs rachidiennes chez les enfants et les adolescents [142]. Cependant, une autre étude publiée en 2014 et réalisé auprès d'adolescents vivant au Portugal âgés de 10 à 16 ans ne rapportait aucune association entre l'IMC et les rachialgies [143]. Devant ces divergences, et compte-tenu des limites que présente l'IMC, nous avons décidé d'utiliser les données concernant la composition corporelle évaluée par l'absorptiométrie biphotonique.

Aucune association entre le pourcentage de masse grasse, le pourcentage de masse maigre et les douleurs rachidiennes n'a pu être mise en évidence dans notre population constituée d'enfants danois de 9 à 13 ans.

Partie 2. Synthèse générale

Malgré la prévalence importante des douleurs rachidiennes et leurs conséquences potentielles, les facteurs de risques associés ne sont pas connus. De nombreuses hypothèses ont été émises, mais très peu validées. A travers ce travail de thèse, nous avons exploré de nouvelles pistes spécifiques à l'enfance et l'adolescence. Il a donc été possible de mettre en évidence deux facteurs qui présentent une association avec les douleurs rachidiennes à savoir la puberté et l'endurance musculaire. En effet, même s'il reste à explorer le critère de temporalité, plusieurs résultats scientifiques tendent à démontrer l'existence d'une relation de causalité des stades pubertaires sur le développement des douleurs rachidiennes chez les enfants et les adolescents. Cependant, il reste à déterminer le facteur responsable du développement de ces douleurs, car de nombreux changements ont lieu au cours de l'adolescence. En effet, la puberté est une période importante qui conduit à la maturité et durant laquelle vont avoir lieu de nombreuses modifications physiologiques et morphologiques [144].

Physiologiquement, la sécrétion des hormones sexuelles joue un rôle important dans cette maturation. Il a été montré que le taux de testostérone augmente durant les quatre premiers stades pubertaires, particulièrement chez les garçons, tandis que le niveau d'oestradiol augmente durant les cinq stades pubertaires chez les jeunes filles [93]. Compte tenu du rôle de ces hormones dans la perception douloureuse, il est possible que ce facteur soit responsable du développement des douleurs rachidiennes. Les résultats de notre première revue systématique [126] montrent qu'il existe un effet dose-réponse ce qui renforce cette hypothèse : les adolescents se situant dans les derniers stades pubertaires rapportaient plus de douleurs que ceux en début de puberté ou ne l'ayant pas encore commencé.

Nous avons aussi évoqué la possibilité que ce soit la composition corporelle qui en soit responsable. Les résultats des travaux que nous avons menés semblent infirmer cette hypothèse tout comme ils ont infirmé les hypothèses émises concernant la force musculaire et les capacités aérobies. L'association entre la composition corporelle et les douleurs rachidiennes a été explorée par une étude prospective réalisée chez des enfants et adolescents de 9 à 13 ans. Aucune association n'a pu être mise en évidence pour cette tranche d'âge. Puisque les changements de composition corporelle les plus importants ont lieu durant les derniers stades de puberté [42, 43], il s'avère essentiel d'explorer cette association chez des adolescents plus âgés. Une revue systématique a permis d'infirmer l'existence d'une association entre la force musculaire en extension du tronc et les douleurs rachidiennes. Aucune des études ne trouvent d'association entre ces facteurs, ce qui nous permet de conclure que cette association n'existe pas. Enfin, concernant les capacités aérobies, nos premiers travaux ne permettent pas de conclure sur l'existence d'une association avec les rachialgies. Les résultats de l'analyse de données du projet Svendborg nous ont permis de mettre en évidence l'absence d'association entre ces deux variables dans un échantillon d'enfants âgés de 9 à 13 ans.

Parmi toutes nos hypothèses, seule l'endurance musculaire a montré une association statistiquement significative avec les douleurs rachidiennes. Cependant, le taux élevé d'hétérogénéité entre les études incluses dans notre méta-analyse laisse penser que ces résultats doivent être pris en compte avec précaution. Même si cette association a été mise en évidence, il reste à déterminer si l'endurance musculaire est un facteur qui entraîne les douleurs rachidiennes ou si ce sont les douleurs rachidiennes qui diminuent l'endurance musculaires des personnes atteintes. En effet toutes les études rapportant cette association sont transversales et il n'est, par conséquent pas possible de déterminer quel est le facteur qui précède l'autre.

Partie 3. Limites et perspectives

La discussion des nos travaux met en évidence quelques limites et amène de nouvelles recommandations. Nous proposerons donc des pistes pour mieux répondre à nos questions de recherches après avoir présenté les forces et les limites de cette thèse.

Le point fort principal de notre travail est qu'il rassemble trois méthodes différentes : revues systématiques et critiques de littérature, méta-analyse et étude prospective.

Les revues systématiques ont pour avantage de faire un bilan des connaissances actuelles sur un sujet précis et se trouvent au plus haut niveau de la hiérarchie des niveaux de preuve [145]. Nous avons cependant limité notre sélection aux articles écrits en français ou en anglais ; certains articles ont peut-être échappé à notre recensement. Pour limiter cette possibilité, une documentaliste de la bibliothèque de l'université Paris-Sud a été consultée, pour la sélection des mots clefs et le choix des bases de données. La recherche a été faite sur au moins trois bases de données pour inclure le maximum de données disponibles. Cependant, la possibilité d'avoir omis des études semble peu probable puisque les articles de bonne qualité de ce domaine, sont généralement publiés dans des revues anglophones. D'ailleurs même si nous avons cherché des articles en français, tous les articles inclus dans nos revues étaient écrits en anglais.

L'évaluation méthodologique des articles inclus est aussi un élément important car elle permet d'évaluer le niveau de confiance qu'il est possible de donner à nos conclusions. La première de nos revues a utilisé les critères de Bradford-Hill pour examiner s'il existe une relation de causalité ou simplement une association entre le facteur de risque (puberté) et les douleurs rachidiennes, ce qui donne une force à nos

conclusions. Même si cette approche pour évaluer la causalité est bien connue, elle est rarement utilisée dans la littérature concernant les douleurs rachidiennes.

Notre seconde revue de littérature est une méta-analyse, qui permet de mettre en commun les résultats des différentes études pour obtenir un résultat statistique commun et donc par conséquent d'augmenter le niveau d'évidence. La méta-analyse nous permet aussi de juger du degré d'hétérogénéité entre les articles, ce qui nous permet de faire des recommandations pour les futures recherches dans le but d'obtenir des résultats plus homogènes.

Un autre point fort de nos travaux repose sur l'étude prospective (The CHAMPS-study, DK) qui nous a permis d'avoir accès à une large population d'enfants et d'adolescents issue de la population générale, ce qui permet d'augmenter la possibilité de pouvoir généraliser nos résultats.

La collecte des données constitue également un point positif. En effet, les données concernant les douleurs rachidiennes ont pu être collectées prospectivement avec une courte période de remémoration (une semaine) grâce au suivi par SMS. Cette nouvelle méthode est importante car elle permet de limiter la période de remémoration [8] et d'obtenir un taux de réponse élevé (93%).

Dans les questions posées par SMS, il n'a pas été possible cependant de faire des distinctions entre les zones rachidiennes (lombaire/dorsale/cervicale), mais il a été démontré précédemment que la force d'association entre la puberté et les douleurs rachidiennes était liée à la puberté sans distinction de localisation [11]. Il est donc peu probable que nos résultats en aient été affectés de manière négative.

Enfin la composition corporelle a été évaluée, pour la première fois, par l'absorptiométrie biphotonique, qui fait parti des meilleurs outils d'évaluation existant actuellement [48].

Une faiblesse potentielle de nos travaux pourrait être que, le statut de douleur, lorsque les enfants ont été inclus, n'a pas été évalué. Cela ne nous permet pas d'établir s'il existe bien un lien de temporalité. En effet, nous ne savons pas si les participants avaient déjà eu des douleurs rachidiennes avant leur participation à cette étude. Cependant, sur cette période de deux ans et demi très peu d'enfants ont rapportés plus d'un épisode douloureux [7]. Il est donc probable que la plupart des cas signalés pendant l'étude soient de véritable cas d'incidence et non des épisodes récurrents ou en cours qui sont inhabituelle dans la population étudiée.

En termes de perspectives, il serait important de continuer à réaliser des études de types prospectives en prenant soin de limiter la période de remémoration des épisodes douloureux ainsi que d'évaluer le statut de rachialgie au début de l'étude pour être sûr que les critères supposés causals précèdent bien l'apparition des douleurs du rachis. Si ce n'est pas le cas, les études n'explorent pas réellement les causes du développement des douleurs rachidiennes, mais les facteurs prédictifs d'un nouvel épisode.

Si d'autres études s'intéressent à l'effet de la puberté, il serait important de se concentrer sur la période durant laquelle plusieurs enfants changent de stade pubertaire (évolution à travers les stades). Il serait pertinent de mettre en avant des hypothèses spécifiques et de les tester, comme par exemple, les changements biologiques, psychologiques ou sociaux survenant durant cette période.

Déterminer si une faible endurance musculaire est bien un facteur causal de douleur rachidienne et pas une conséquence est également un point important. Si une faible endurance musculaire est bien responsable du développement des rachialgies ou des futurs épisodes, il pourrait être intéressant, au niveau de la santé publique,

d'introduire des exercices visant à améliorer l'endurance musculaire dans les activités sportives scolaires.

Références bibliographiques

1. Dernis E, Marcelli C, Saraux A: **Rhumatologie**, 2eme édition edn. Paris: Masson; 2002.
2. Lynton G: **Douleurs rachidiennes: 100 défis cliniques**. Issy-les-Moulineaux: Elsevier Masson; 2012.
3. O'Sullivan P: **Diagnosis and classification of chronic low back pain disorders: maladaptive movement and motor control impairments as underlying mechanism**. *Manual therapy* 2005, **10**(4):242-255.
4. Manchikanti L, Singh V, Datta S, Cohen SP, Hirsch JA: **Comprehensive review of epidemiology, scope, and impact of spinal pain**. *Pain physician* 2009, **12**(4):E35-70.
5. Leboeuf-Yde C, Nielsen J, Kyvik KO, Fejer R, Hartvigsen J: **Pain in the lumbar, thoracic or cervical regions: do age and gender matter? A population-based study of 34,902 Danish twins 20-71 years of age**. *BMC musculoskeletal disorders* 2009, **10**:39.
6. Burton AK: **Low back pain in children and adolescents: to treat or not?** *Bulletin (Hospital for Joint Diseases (New York, NY))* 1996, **55**(3):127-129.
7. Franz C, Wedderkopp N, Jespersen E, Rexen CT, Leboeuf-Yde C: **Back pain in children surveyed with weekly text messages - a 2.5 year prospective school cohort study**. *Chiropractic & manual therapies* 2014, **22**(1):35.
8. Jeffries LJ, Milanese SF, Grimmer-Somers KA: **Epidemiology of adolescent spinal pain: a systematic overview of the research literature**. *Spine* 2007, **32**(23):2630-2637.
9. Kjaer P, Wedderkopp N, Korsholm L, Leboeuf-Yde C: **Prevalence and tracking of back pain from childhood to adolescence**. *BMC musculoskeletal disorders* 2011, **12**:98.
10. Leboeuf-Yde C, Kyvik KO: **At what age does low back pain become a common problem? A study of 29,424 individuals aged 12-41 years**. *Spine* 1998, **23**(2):228-234.
11. Wedderkopp N, Andersen LB, Froberg K, Leboeuf-Yde C: **Back pain reporting in young girls appears to be puberty-related**. *BMC musculoskeletal disorders* 2005, **6**:52.
12. Shekelle PG, Markovich M, Louie R: **An epidemiologic study of episodes of back pain care**. *Spine* 1995, **20**(15):1668-1673.
13. Donelson R, McIntosh G, Hall H: **Is it time to rethink the typical course of low back pain?** *PM & R : the journal of injury, function, and rehabilitation* 2012, **4**(6):394-401; quiz 400.
14. Hestbaek L, Leboeuf-Yde C, Manniche C: **Low back pain: what is the long-term course? A review of studies of general patient populations**. *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society* 2003, **12**(2):149-165.
15. Lemeunier N, Leboeuf-Yde C, Gagey O: **The natural course of low back pain: a systematic critical literature review**. *Chiropractic & manual therapies* 2012, **20**(1):33.
16. Hestbaek L, Leboeuf-Yde C, Kyvik KO: **Is comorbidity in adolescence a predictor for adult low back pain? A prospective study of a young population**. *BMC musculoskeletal disorders* 2006, **7**:29.
17. **From the Centers for Disease Control and Prevention. Prevalence of disabilities and associated health conditions among adults--United States, 1999**. *Jama* 2001, **285**(12):1571-1572.
18. Juniper M, Le TK, Mladsi D: **The epidemiology, economic burden, and pharmacological treatment of chronic low back pain in France, Germany, Italy, Spain and the UK: a literature-based review**. *Expert opinion on pharmacotherapy* 2009, **10**(16):2581-2592.
19. Gepner P, Charlot J, Avouac B, Pierron D, Pireault J, Scherding F, Rosenberg S, Rossignol M, Dubray R, Rameix E *et al*: **[Lumbago. Socioeconomic, epidemiological and**

- medicolegal aspects]. *Revue du rhumatisme (Ed française : 1993)* 1994, **61**(4 Pt 2):5s-7s.**
20. Leboeuf-Yde C, Fejer R, Nielsen J, Kyvik KO, Hartvigsen J: **Consequences of spinal pain: do age and gender matter? A Danish cross-sectional population-based study of 34,902 individuals 20-71 years of age.** *BMC musculoskeletal disorders* 2011, **12**:39.
 21. Wedderkopp N, Leboeuf-Yde C, Andersen LB, Froberg K, Hansen HS: **Back pain reporting pattern in a Danish population-based sample of children and adolescents.** *Spine* 2001, **26**(17):1879-1883.
 22. Pellise F, Balague F, Rajmil L, Cedraschi C, Aguirre M, Fontecha CG, Pasarin M, Ferrer M: **Prevalence of low back pain and its effect on health-related quality of life in adolescents.** *Archives of pediatrics & adolescent medicine* 2009, **163**(1):65-71.
 23. Hill AB: **The Environment and Disease: Association or Causation?** *Proceedings of the Royal Society of Medicine* 1965, **58**:295-300.
 24. Sackett DL: **Evidence-based medicine : how to practice and teach EBM**, 2nd edn. Edinburgh ; New York: Churchill Livingstone; 2000.
 25. Hartvigsen J, Nielsen J, Kyvik KO, Fejer R, Vach W, Iachine I, Leboeuf-Yde C: **Heritability of spinal pain and consequences of spinal pain: a comprehensive genetic epidemiologic analysis using a population-based sample of 15,328 twins ages 20-71 years.** *Arthritis and rheumatism* 2009, **61**(10):1343-1351.
 26. Hill JJ, Keating JL: **Risk factors for the first episode of low back pain in children are infrequently validated across samples and conditions: a systematic review.** *Journal of physiotherapy* 2010, **56**(4):237-244.
 27. Currie SR, Wang J: **More data on major depression as an antecedent risk factor for first onset of chronic back pain.** *Psychological medicine* 2005, **35**(9):1275-1282.
 28. Linton SJ: **A review of psychological risk factors in back and neck pain.** *Spine* 2000, **25**(9):1148-1156.
 29. Linton SJ: **Occupational psychological factors increase the risk for back pain: a systematic review.** *Journal of occupational rehabilitation* 2001, **11**(1):53-66.
 30. Wheeler MD: **Physical changes of puberty.** *Endocrinology and metabolism clinics of North America* 1991, **20**(1):1-14.
 31. Bournières P: **Puberté et croissance**, Doin edn: Groupe Liaison SA; 1999.
 32. Marshall WA, Tanner JM: **Variations in pattern of pubertal changes in girls.** *Archives of disease in childhood* 1969, **44**(235):291-303.
 33. Marshall WA, Tanner JM: **Variations in the pattern of pubertal changes in boys.** *Archives of disease in childhood* 1970, **45**(239):13-23.
 34. Ellison PT, Reiches MW, Shattuck-Faegre H, Breakey A, Konecna M, Urlacher S, Wobber V: **Puberty as a life history transition.** *Annals of human biology* 2012, **39**(5):352-360.
 35. Hill JJ, Keating JL: **A systematic review of the incidence and prevalence of low back pain in children.** *Physical Therapy Reviews* 2009, **14**(4):272-284.
 36. LeResche L, Mancl LA, Drangsholt MT, Saunders K, Von Korff M: **Relationship of pain and symptoms to pubertal development in adolescents.** *Pain* 2005, **118**(1-2):201-209.
 37. Gaumond I, Arsenault P, Marchand S: **The role of sex hormones on formalin-induced nociceptive responses.** *Brain research* 2002, **958**(1):139-145.
 38. Racine M, Tousignant-Laflamme Y, Kloda LA, Dion D, Dupuis G, Choiniere M: **A systematic literature review of 10 years of research on sex/gender and experimental pain perception - part 1: are there really differences between women and men?** *Pain* 2012, **153**(3):602-618.
 39. Blankenburg M, Meyer D, Hirschfeld G, Kraemer N, Hechler T, Aksu F, Krumova EK, Magerl W, Maier C, Zernikow B: **Developmental and sex differences in somatosensory perception--a systematic comparison of 7- versus 14-year-olds using quantitative sensory testing.** *Pain* 2011, **152**(11):2625-2631.
 40. Aubrun F, Salvi N, Coriat P, Riou B: **Sex- and age-related differences in morphine requirements for postoperative pain relief.** *Anesthesiology* 2005, **103**(1):156-160.

41. Riley JL, 3rd, Robinson ME, Wise EA, Price DD: **A meta-analytic review of pain perception across the menstrual cycle.** *Pain* 1999, **81**(3):225-235.
42. Vink EE, van Coeverden SC, van Mil EG, Felius BA, van Leerdam FJ, Delemarre-van de Waal HA: **Changes and tracking of fat mass in pubertal girls.** *Obesity* 2010, **18**(6):1247-1251.
43. Horlick M, Thornton J, Wang J, Levine LS, Fedun B, Pierson RN, Jr.: **Body composition changes during Tanner stage 5.** *Annals of the New York Academy of Sciences* 2000, **904**:410-415.
44. Mikkelsen LO, Nupponen H, Kaprio J, Kautiainen H, Mikkelsen M, Kujala UM: **Adolescent flexibility, endurance strength, and physical activity as predictors of adult tension neck, low back pain, and knee injury: a 25 year follow up study.** *British journal of sports medicine* 2006, **40**(2):107-113.
45. Hestbaek L, Leboeuf-Yde C, Kyvik KO: **Are lifestyle-factors in adolescence predictors for adult low back pain? A cross-sectional and prospective study of young twins.** *BMC musculoskeletal disorders* 2006, **7**:27.
46. Perry M, Straker L, O'Sullivan P, Smith A, Hands B: **Fitness, motor competence, and body composition are weakly associated with adolescent back pain.** *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy* 2009, **39**(6):439-449.
47. Basdevant A, Guy-Grand B: **Médecine de l'obésité**, Médecine-Sciences Flammarion edn. Paris: Lavoisier; 2004.
48. Shuster A, Patlas M, Pinthus JH, Mourtzakis M: **The clinical importance of visceral adiposity: a critical review of methods for visceral adipose tissue analysis.** *The British journal of radiology* 2012, **85**(1009):1-10.
49. Nelson MC, Neumark-Stzainer D, Hannan PJ, Sirard JR, Story M: **Longitudinal and secular trends in physical activity and sedentary behavior during adolescence.** *Pediatrics* 2006, **118**(6):e1627-1634.
50. Tomkinson GR, Leger LA, Olds TS, Cazorla G: **Secular trends in the performance of children and adolescents (1980-2000): an analysis of 55 studies of the 20m shuttle run test in 11 countries.** *Sports medicine (Auckland, NZ)* 2003, **33**(4):285-300.
51. **Surpoids et obésité de l'enfant et de l'adolescent actualisation des recommandations 2003.** In.: Haute Autorité de Santé; 2011.
52. Maitland C, Stratton G, Foster S, Braham R, Rosenberg M: **A place for play? The influence of the home physical environment on children's physical activity and sedentary behaviour.** *The international journal of behavioral nutrition and physical activity* 2013, **10**:99.
53. Cooper AR, Andersen LB, Wedderkopp N, Page AS, Froberg K: **Physical activity levels of children who walk, cycle, or are driven to school.** *American journal of preventive medicine* 2005, **29**(3):179-184.
54. Ostergaard L, Kolle E, Steene-Johannessen J, Anderssen SA, Andersen LB: **Cross sectional analysis of the association between mode of school transportation and physical fitness in children and adolescents.** *The international journal of behavioral nutrition and physical activity* 2013, **10**:91.
55. Van Praagh E: **Physiologie du sport: Enfant et adolescent**, De Boeck Université edn. Bruxelles: De Boeck & Larcier; 2007.
56. Janssens KA, Oldehinkel AJ, Bonvanie IJ, Rosmalen JG: **An inactive lifestyle and low physical fitness are associated with functional somatic symptoms in adolescents. The TRAILS study.** *Journal of psychosomatic research* 2014, **76**(6):454-457.
57. **Recommandations mondiales sur l'activité physique pour la santé.** In.: Organisation mondiale de la santé; 2010.
58. Janssen I, Leblanc AG: **Systematic review of the health benefits of physical activity and fitness in school-aged children and youth.** *The international journal of behavioral nutrition and physical activity* 2010, **7**:40.

59. Strong WB, Malina RM, Blimkie CJ, Daniels SR, Dishman RK, Gutin B, Hergenroeder AC, Must A, Nixon PA, Pivarnik JM *et al*: **Evidence based physical activity for school-age youth.** *The Journal of pediatrics* 2005, **146**(6):732-737.
60. Landry BW, Driscoll SW: **Physical activity in children and adolescents.** *PM & R : the journal of injury, function, and rehabilitation* 2012, **4**(11):826-832.
61. Telama R, Yang X, Viikari J, Valimaki I, Wanne O, Raitakari O: **Physical activity from childhood to adulthood: a 21-year tracking study.** *American journal of preventive medicine* 2005, **28**(3):267-273.
62. Hills AP, Andersen LB, Byrne NM: **Physical activity and obesity in children.** *British journal of sports medicine* 2011, **45**(11):866-870.
63. Klakk H, Chinapaw M, Heidemann M, Andersen LB, Wedderkopp N: **Effect of four additional physical education lessons on body composition in children aged 8-13 years--a prospective study during two school years.** *BMC pediatrics* 2013, **13**:170.
64. Carnethon MR, Gulati M, Greenland P: **Prevalence and cardiovascular disease correlates of low cardiorespiratory fitness in adolescents and adults.** *Jama* 2005, **294**(23):2981-2988.
65. Marchand S: **Le phénomène de la douleur, comprendre pour soigner**, 2eme edn. Issy-les-Moulineaux: Elsevier-Masson; 2009.
66. Hendrick P, Milosavljevic S, Hale L, Hurley DA, McDonough S, Ryan B, Baxter GD: **The relationship between physical activity and low back pain outcomes: a systematic review of observational studies.** *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society* 2011, **20**(3):464-474.
67. Heneweer H, Picavet HS, Staes F, Kiers H, Vanhees L: **Physical fitness, rather than self-reported physical activities, is more strongly associated with low back pain: evidence from a working population.** *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society* 2012, **21**(7):1265-1272.
68. Balague F, Bibbo E, Melot C, Szpalski M, Gunzburg R, Keller TS: **The association between isoinertial trunk muscle performance and low back pain in male adolescents.** *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society* 2010, **19**(4):624-632.
69. Balague F, Damidot P, Nordin M, Parnianpour M, Waldburger M: **Cross-sectional study of the isokinetic muscle trunk strength among school children.** *Spine* 1993, **18**(9):1199-1205.
70. Bernard JC, Bard R, Pujol A, Combey A, Boussard D, Begue C, Salghetti AM: **Muscle assessment in healthy teenagers, Comparison with teenagers with low back pain.** *Annales de readaptation et de medecine physique : revue scientifique de la Societe francaise de reeducation fonctionnelle de readaptation et de medecine physique* 2008, **51**(4):263-283.
71. Bo Andersen L, Wedderkopp N, Leboeuf-Yde C: **Association between back pain and physical fitness in adolescents.** *Spine* 2006, **31**(15):1740-1744.
72. Cardon G, De Bourdeaudhuij I, De Clercq D, Philippaerts R, Verstraete S, Geldhof E: **Physical Fitness, Physical Activity, and Self-Reported Back and Neck Pain in Elementary Schoolchildren.** *Pediatric Exercise Science* 2004, **16**(2):147-157.
73. Johnson OE, Mbada CE, Akosile CO, Agbeja OA: **Isometric endurance of the back extensors in school-aged adolescents with and without low back pain.** *Journal of back and musculoskeletal rehabilitation* 2009, **22**(4):205-211.
74. Hamberg-van Reenen HH, Ariens GA, Blatter BM, van Mechelen W, Bongers PM: **A systematic review of the relation between physical capacity and future low back and neck/shoulder pain.** *Pain* 2007, **130**(1-2):93-107.
75. Kenney W, Wilmore J, Costill D: **Physiologie du sport et de l'exercice. Traduction de la 5ème traduction américaine.**, 5ème édition edn. Bruxelles; 2013.

76. Meldrum D, Cahalane E, Conroy R, Fitzgerald D, Hardiman O: **Maximum voluntary isometric contraction: reference values and clinical application.** *Amyotrophic lateral sclerosis : official publication of the World Federation of Neurology Research Group on Motor Neuron Diseases* 2007, **8**(1):47-55.
77. **Muscular performance assessment of trunk extensors: A critical appraisal of the literature** [<http://www.intechopen.com/books/low-back-pain/muscular-performance-assessment-of-trunk-extensors-a-critical-appraisal-of-the-literature>]
78. Moreland J, Finch E, Stratford P, Balsor B, Gill C: **Interrater reliability of six tests of trunk muscle function and endurance.** *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy* 1997, **26**(4):200-208.
79. Demoulin C, Kononckx S, Feiereisen P, Koch D, Crielaard JM, Vanderthommen M: **Analyse corrélative des résultats de différents dynamomètres spécifiques pour l'évaluation des muscles du tronc.** *Revue du Rhumatisme* 2008, **75**(10-11):1180.
80. Cho KH, Beom JW, Lee TS, Lim JH, Lee TH, Yuk JH: **Trunk muscles strength as a risk factor for nonspecific low back pain: a pilot study.** *Annals of rehabilitation medicine* 2014, **38**(2):234-240.
81. Latimer J, Maher CG, Refshauge K, Colaco I: **The reliability and validity of the Biering-Sorensen test in asymptomatic subjects and subjects reporting current or previous nonspecific low back pain.** *Spine* 1999, **24**(20):2085-2089; discussion 2090.
82. Ito T, Shirado O, Suzuki H, Takahashi M, Kaneda K, Strax TE: **Lumbar trunk muscle endurance testing: an inexpensive alternative to a machine for evaluation.** *Archives of physical medicine and rehabilitation* 1996, **77**(1):75-79.
83. Alaranta H, Luoto S, Heliovaara M, Hurri H: **Static back endurance and the risk of low-back pain.** *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)* 1995, **10**(6):323-324.
84. Cureton KJ, Mahar MT: **Critical measurement issues/challenges in assessing aerobic capacity in youth.** *Research quarterly for exercise and sport* 2014, **85**(2):136-143.
85. Leger LA, Mercier D, Gadoury C, Lambert J: **The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness.** *Journal of sports sciences* 1988, **6**(2):93-101.
86. Ortega FB, Ruiz JR, Castillo MJ, Sjostrom M: **Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health.** *International journal of obesity (2005)* 2008, **32**(1):1-11.
87. Hodselsmans AP, Dijkstra PU, Geertzen JH, van der Schans CP: **Nonspecific chronic low back pain patients are deconditioned and have an increased body fat percentage.** *International journal of rehabilitation research Internationale Zeitschrift fur Rehabilitationsforschung Revue internationale de recherches de readaptation* 2010, **33**(3):268-270.
88. Taanila HP, Suni JH, Pihlajamäki HK, Mattila VM, Ohrankämmen O, Vuorinen P, Parkkari JP: **Predictors of low back pain in physically active conscripts with special emphasis on muscular fitness.** *The Spine Journal* 2012, **12**(9):737-748.
89. Calvo-Munoz I, Gomez-Conesa A, Sanchez-Meca J: **Prevalence of low back pain in children and adolescents: a meta-analysis.** *BMC pediatrics* 2013, **13**:14.
90. Duggleby T, Kumar S: **Epidemiology of juvenile low back pain: a review.** *Disability and rehabilitation* 1997, **19**(12):505-512.
91. Unquhart DM, Berry P, Wluka AE, Strauss BJ, Wang Y, Proietto J, Jones G, Dixon JB, Cicuttini FM: **2011 Young Investigator Award Winner: Increased Fat Mass Is Associated With High Levels of Low Back Pain Intensity and Disability.** *Spine* 2011, **36**(16):1320-1325.
92. Malina RM, Bouchard C: **Growth, maturation, and physical activity.** Champaign, Ill.: Human Kinetics Books; 1991.
93. Yilmaz D, Ersoy B, Bilgin E, Gumuser G, Onur E, Pinar ED: **Bone mineral density in girls and boys at different pubertal stages: relation with gonadal steroids, bone formation markers, and growth parameters.** *Journal of bone and mineral metabolism* 2005, **23**(6):476-482.

94. Brynhildsen JO, Bjors E, Skarsgard C, Hammar ML: **Is hormone replacement therapy a risk factor for low back pain among postmenopausal women?** *Spine* 1998, **23**(7):809-813.
95. Shea BJ, Grimshaw JM, Wells GA, Boers M, Andersson N, Hamel C, Porter AC, Tugwell P, Moher D, Bouter LM: **Development of AMSTAR: a measurement tool to assess the methodological quality of systematic reviews.** *BMC medical research methodology* 2007, **7**:10.
96. Landrivon G: **Méthode globale de lecture critique d'articles médicaux.** Paris: Frison-Roche; 2009.
97. **The SIGN checklist** [<http://www.sign.ac.uk/methodology/checklists.html>]
98. Johansen B, Wedderkopp N: **Comparison between data obtained through real-time data capture by SMS and a retrospective telephone interview.** *Chiropractic & osteopathy* 2010, **18**:10.
99. Roffey DM, Wai EK, Bishop P, Kwon BK, Dagenais S: **Causal assessment of workplace manual handling or assisting patients and low back pain: results of a systematic review.** *The spine journal : official journal of the North American Spine Society* 2010, **10**(7):639-651.
100. Roffey DM, Wai EK, Bishop P, Kwon BK, Dagenais S: **Causal assessment of occupational pushing or pulling and low back pain: results of a systematic review.** *The spine journal : official journal of the North American Spine Society* 2010, **10**(6):544-553.
101. Roffey DM, Wai EK, Bishop P, Kwon BK, Dagenais S: **Causal assessment of occupational standing or walking and low back pain: results of a systematic review.** *The spine journal : official journal of the North American Spine Society* 2010, **10**(3):262-272.
102. Roffey DM, Wai EK, Bishop P, Kwon BK, Dagenais S: **Causal assessment of occupational sitting and low back pain: results of a systematic review.** *The spine journal : official journal of the North American Spine Society* 2010, **10**(3):252-261.
103. Roffey DM, Wai EK, Bishop P, Kwon BK, Dagenais S: **Causal assessment of awkward occupational postures and low back pain: results of a systematic review.** *The spine journal : official journal of the North American Spine Society* 2010, **10**(1):89-99.
104. Wai EK, Roffey DM, Bishop P, Kwon BK, Dagenais S: **Causal assessment of occupational lifting and low back pain: results of a systematic review.** *The spine journal : official journal of the North American Spine Society* 2010, **10**(6):554-566.
105. Wai EK, Roffey DM, Bishop P, Kwon BK, Dagenais S: **Causal assessment of occupational carrying and low back pain: results of a systematic review.** *The spine journal : official journal of the North American Spine Society* 2010, **10**(7):628-638.
106. Wai EK, Roffey DM, Bishop P, Kwon BK, Dagenais S: **Causal assessment of occupational bending or twisting and low back pain: results of a systematic review.** *The spine journal : official journal of the North American Spine Society* 2010, **10**(1):76-88.
107. Millan M, Leboeuf-Yde C, Budgell B, Amorim MA: **The effect of spinal manipulative therapy on experimentally induced pain: a systematic literature review.** *Chiropractic & manual therapies* 2012, **20**(1):26.
108. Rosenthal J: **Qualitative descriptors of strength of association and effect size.** *Journal of Social Service Research* 1996, **21**:37-59.
109. Hulsege G, van Oostrom SH, Picavet HS, Twisk JW, Postma DS, Kerkhof M, Smit HA, Wijga AH: **Musculoskeletal complaints among 11-year-old children and associated factors: the PIAMA birth cohort study.** *American journal of epidemiology* 2011, **174**(8):877-884.
110. Jansens K, Rosmalen J, Ormel J, Verhulst F, Hunfeld J, Mancl LA, Oldehinkel A: **Pubertal status predicts back pain, overtiredness and dizziness in American and Dutch adolescents.** *Pediatrics* 2011, **128**(3):553-559.
111. Harreby MS, Neergaard K, Hesselsoe G, Kjer J: **[Are low back pain and radiological changes during puberty risk factors for low back pain in adult age? A 25-year prospective cohort study of 640 school children].** *Ugeskrift for laeger* 1997, **159**(2):171-174.

112. Hasler CC: **Back pain during growth.** *Swiss medical weekly* 2013, **143**:w13714.
113. Mattila VM, Saarni L, Parkkari J, Koivusilta L, Rimpela A: **Predictors of low back pain hospitalization--a prospective follow-up of 57,408 adolescents.** *Pain* 2008, **139**(1):209-217.
114. Nissinen M, Heliovaara M, Seitsamo J, Alaranta H, Poussa M: **Anthropometric measurements and the incidence of low back pain in a cohort of pubertal children.** *Spine* 1994, **19**(12):1367-1370.
115. Rhee H: **Relationships between physical symptoms and pubertal development.** *Journal of pediatric health care : official publication of National Association of Pediatric Nurse Associates & Practitioners* 2005, **19**(2):95-103.
116. Salminen JJ, Erkintalo M, Laine M, Pentti J: **Low back pain in the young. A prospective three-year follow-up study of subjects with and without low back pain.** *Spine* 1995, **20**(19):2101-2107; discussion 2108.
117. Stanford EA, Chambers CT, Biesanz JC, Chen E: **The frequency, trajectories and predictors of adolescent recurrent pain: a population-based approach.** *Pain* 2008, **138**(1):11-21.
118. Brooks-Gunn J, Warren MP, Rosso J, Gargiulo J: **Validity of self-report measures of girls' pubertal status.** *Child development* 1987, **58**(3):829-841.
119. Perquin CW, Hazebroek-Kampschreur AA, Hunfeld JA, Bohnen AM, van Suijlekom-Smit LW, Passchier J, van der Wouden JC: **Pain in children and adolescents: a common experience.** *Pain* 2000, **87**(1):51-58.
120. Rathleff MS, Roos EM, Olesen JL, Rasmussen S: **High prevalence of daily and multi-site pain--a cross-sectional population-based study among 3000 Danish adolescents.** *BMC pediatrics* 2013, **13**:191.
121. Torres-Costoso A, Gracia-Marco L, Sanchez-Lopez M, Garcia-Prieto JC, Garcia-Hermoso A, Diez-Fernandez A, Martinez-Vizcaino V: **Lean mass as a total mediator of the influence of muscular fitness on bone health in schoolchildren: a mediation analysis.** *Journal of sports sciences* 2015, **33**(8):817-830.
122. Mota J, Guerra S, Leandro C, Pinto A, Ribeiro JC, Duarte JA: **Association of maturation, sex, and body fat in cardiorespiratory fitness.** *American journal of human biology : the official journal of the Human Biology Council* 2002, **14**(6):707-712.
123. Ruiz JR, Castro-Pinero J, Artero EG, Ortega FB, Sjostrom M, Suni J, Castillo MJ: **Predictive validity of health-related fitness in youth: a systematic review.** *British journal of sports medicine* 2009, **43**(12):909-923.
124. Boreham CA, Paliczka VJ, Nichols AK: **A comparison of the PWC170 and 20-MST tests of aerobic fitness in adolescent schoolchildren.** *The Journal of sports medicine and physical fitness* 1990, **30**(1):19-23.
125. **Prisma Statement.**
126. Lardon A, Leboeuf-Yde C, Le Scanff C, Wedderkopp N: **Is puberty a risk factor for back pain in the young? a systematic critical literature review.** *Chiropractic & manual therapies* 2014, **22**(1):27.
127. Higgins JPT GS: **Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions** In. Edited by The Cochrane Collaboration, vol. Version 5.1.0 [updated March 2011]; 2011.
128. Higgins JP, Thompson SG, Deeks JJ, Altman DG: **Measuring inconsistency in meta-analyses.** *BMJ (Clinical research ed)* 2003, **327**(7414):557-560.
129. Merati G, Negrini S, Carabona R, Margonato V, Veicsteinas A: **Trunk muscular strength in pre-pubertal children with and without back pain.** *Pediatric rehabilitation* 2004, **7**(2):97-103.
130. Newcomer K, Sinaki M: **Low back pain and its relationship to back strength and physical activity in children.** *Acta paediatrica (Oslo, Norway : 1992)* 1996, **85**(12):1433-1439.
131. Evans K, Refshauge KM, Adams R: **Trunk muscle endurance tests: reliability, and gender differences in athletes.** *Journal of science and medicine in sport / Sports Medicine Australia* 2007, **10**(6):447-455.

132. Wedderkopp N, Jespersen E, Franz C, Klakk H, Heidemann M, Christiansen C, Moller NC, Leboeuf-Yde C: **Study protocol. The Childhood Health, Activity, and Motor Performance School Study Denmark (The CHAMPS-study DK).** *BMC pediatrics* 2012, **12**:128.
133. Leboeuf-Yde C, Fejer R, Nielsen J, Kyvik KO, Hartvigsen J: **Pain in the three spinal regions: the same disorder? Data from a population-based sample of 34,902 Danish adults.** *Chiropractic & manual therapies* 2012, **20**:11.
134. Depont F, Hunsche E, Abouelfath A, Diatta T, Addra I, Grelaud A, Lagnaoui R, Molimard M, Moore N: **Medical and non-medical direct costs of chronic low back pain in patients consulting primary care physicians in France.** *Fundamental & clinical pharmacology* 2010, **24**(1):101-108.
135. Hershkovich O, Friedlander A, Gordon B, Arzi H, Derazne E, Tzur D, Shamis A, Afek A: **Associations of body mass index and body height with low back pain in 829,791 adolescents.** *American journal of epidemiology* 2013, **178**(4):603-609.
136. Akdag B, Cavlak U, Cimbiz A, Camdeviren H: **Determination of pain intensity risk factors among school children with nonspecific low back pain.** *Medical science monitor : international medical journal of experimental and clinical research* 2011, **17**(2):Ph12-15.
137. Wirth B, Knecht C, Humphreys K: **Spine Day 2012: spinal pain in Swiss school children- epidemiology and risk factors.** *BMC pediatrics* 2013, **13**:159.
138. Dunn KM, Jordan KP, Mancl L, Drangsholt MT, Le Resche L: **Trajectories of pain in adolescents: a prospective cohort study.** *Pain* 2011, **152**(1):66-73.
139. **Surpoids et obésité de l'enfant et de l'adolescent, actualisation des recommandations 2003.** In.: Haute Autorité de Santé; 2011.
140. Ahler T, Bendiksen M, Krustup P, Wedderkopp N: **Aerobic fitness testing in 6- to 9-year-old children: reliability and validity of a modified Yo-Yo IR1 test and the Andersen test.** *European journal of applied physiology* 2012, **112**(3):871-876.
141. Paulis WD, Silva S, Koes BW, van Middelkoop M: **Overweight and obesity are associated with musculoskeletal complaints as early as childhood: a systematic review.** *Obesity reviews : an official journal of the International Association for the Study of Obesity* 2014, **15**(1):52-67.
142. Sano A, Hirano T, Watanabe K, Endo N, Ito T, Tanabe N: **Body mass index is associated with low back pain in childhood and adolescence: a birth cohort study with a 6-year follow-up in Niigata City, Japan.** *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society* 2015, **24**(3):474-481.
143. Minghelli B, Oliveira R, Nunes C: **Non-specific low back pain in adolescents from the south of Portugal: prevalence and associated factors.** *Journal of orthopaedic science : official journal of the Japanese Orthopaedic Association* 2014, **19**(6):883-892.
144. **Croissance et puberté. Evolutions séculaires, facteurs environnementaux et génétiques,** Les éditions Inserm edn. Paris: JOUVE; 2007.
145. Haneline MT: **Evidence-Based Chiropractic Practice.** Sudbury: Jones and Bartlett Publishers; 2007.

Titre : Les facteurs prédictifs de douleur rachidienne chez les enfants et les adolescents.

Résumé – Les douleurs rachidiennes représentent un problème de santé important aux impacts socio-économique majeurs. Les rachialgies débutent tôt, durant l'enfance, leur prévalence augmente avec l'âge, particulièrement durant la période pubertaire, pour atteindre un niveau similaire à celui de l'âge adulte aux alentours de 20 ans. Malgré la fréquence de cette condition, les facteurs prédictifs du développement du premier épisode de douleur rachidienne ou d'un nouvel épisode sont très peu connus. Les travaux constitutifs de cette thèse ont pour objectif d'explorer différents facteurs prédictifs potentiels de douleurs rachidiennes chez les enfants et les adolescents. Une première revue de littérature a montré qu'il existe une association entre la puberté et les rachialgies. Les critères de causalité, décrits par Bradford-Hill, comme la force de l'association, la consistance entre les études et la relation dose-effet sont également présents. Cependant, il n'est pas encore possible de se prononcer sur le critère essentiel de la temporalité. La deuxième revue de littérature a permis de mettre en évidence une association positive entre l'endurance musculaire en extension et les douleurs rachidiennes, alors qu'aucune association n'a été mise en évidence entre la force musculaire en extension du tronc et les douleurs rachidiennes. Les données disponibles de la littérature ne permettent pas de se prononcer concernant l'association entre les rachialgies et les capacités aérobies. La troisième étude, une étude prospective de suivi des enfants durant une année, n'a pas mis en évidence d'association entre les capacités aérobies, la composition corporelle et les douleurs au niveau du rachis. Deux facteurs sont donc associés aux douleurs rachidiennes, la puberté et une faible endurance musculaire. Les recherches dans ce domaine doivent être poursuivies pour déterminer l'existence d'un lien de causalité de ces facteurs sur les douleurs du rachis.

Mots clés – rachialgies, puberté, force musculaire, endurance musculaire, capacité aérobie, composition corporelle, facteur de risque, facteur prédictif, enfant, adolescent

Title: Predictive factors of back pain during childhood and adolescence.

Abstract- Spinal pain is a major health problem with socio-economic impacts. Back pain starts early, during childhood, the prevalence increases with age, particularly during puberty, to reach a similar level to that found at adulthood, around the age of 20. Despite the high prevalence of this condition, predictors for the first episode or for a recurrent episode are not known. The aim of this thesis is to explore different potential predictors of back pain during childhood and adolescence. A first literature review showed an association between puberty and back pain. The causality criteria described by Bradford- Hill, e.g. strength of the association, consistency across studies and dose - response are also present. Unfortunately,, it is not yet possible to conclude whether there is a temporal aspect as well; for temporality being the most important criterion. The second literature review showed a positive association between muscular endurance in extension and back pain, whereas no association was found between muscle strength in trunk extension and spinal pain. The available literature does not allow us to conclude about the potential association between aerobic capacity and back pain. The third study is a prospective study, in which children were followed during ten months. This study did not reveal any association between aerobic capacity, body composition and back pain. In conclusion, two factors are associated with back pain, puberty and low muscle endurance. Future research in this area should focus on the causal relationship between these factors and back pain.

Keywords – Back pain, puberty, muscular strength, muscular endurance, aerobic capacity, body composition, risk factor, predictor, children, adolescent